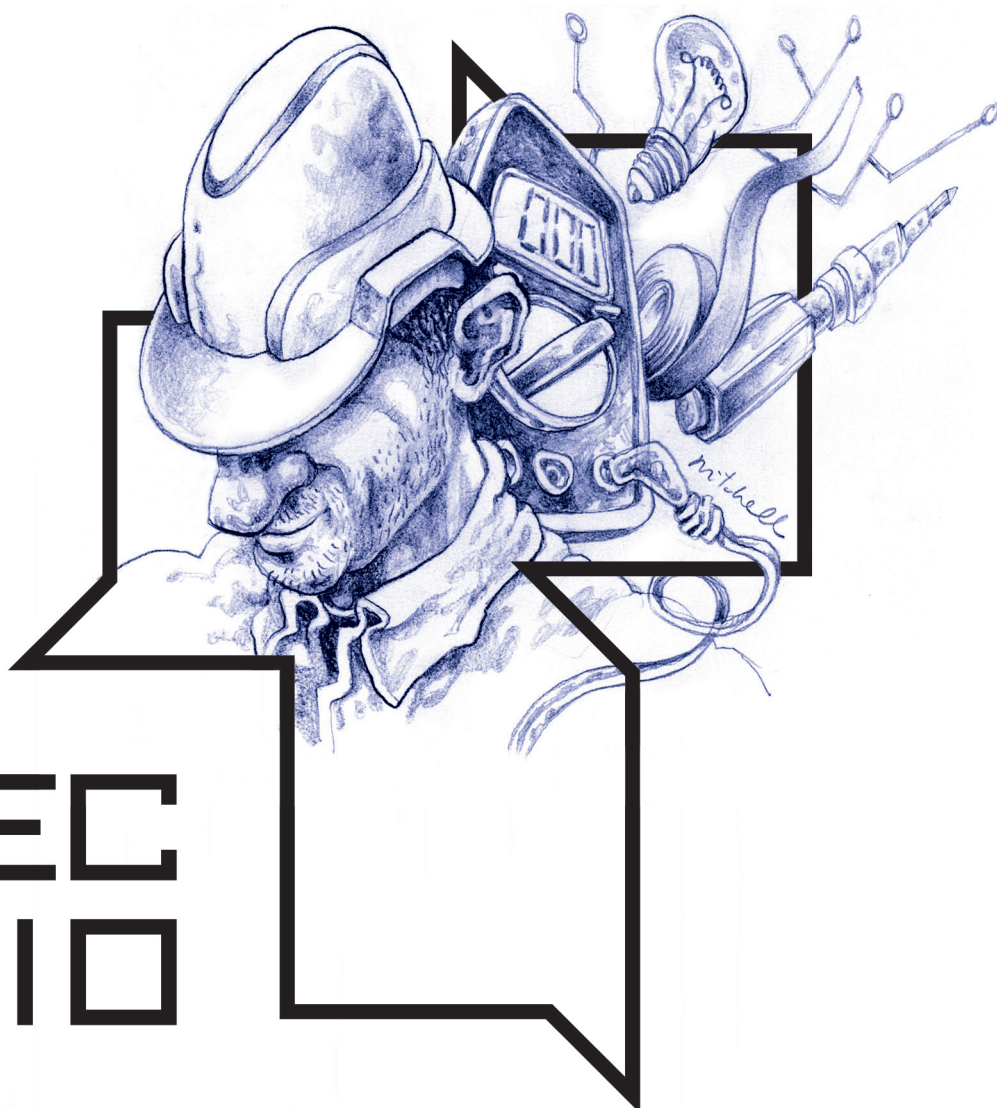


FIC

ALEXANDRE SOARES

Eletricista Predial

VOLUME 2



TEC
RIO

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Governador: Wilson Witzel

Secretário de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação: Leonardo Rodrigues

FAETEC – Fundação de Apoio à Escola Técnica

www.faetec.rj.gov.br

Presidente: Romulo Mello Massacesi

Vice Presidente Educacional: Maicon Luiz Lisboa Felix

Diretora da Diretoria de Formação Inicial e Continuada: Ana Paula Pillar dos Santos Leitão

Fundação Cecierj

www.cederj.edu.br

Presidente: Gilson Rodrigues

Vice-presidente: Marilvia Dansa de Alencar

Elaboração de Conteúdo

Alexandre Soares

Coordenação do Programa Tec Rio

Priscila de Souza Costa Couto

Diretoria de Extensão

Michelle Casal Fernandes

Diretoria de Material Didático

Bruno José Peixoto

Coordenação de Design Instrucional

Flávia Busnardo da Cunha

Design Instrucional

Renata Vettoretti

Gabriel Ramos

Diretoria de Material Impresso

Ulisses Schnaider

Revisão Linguística

José Meyohas

Ilustração

Andre Amaral, André Dahmer, Clara Gomes,
Renan Alves, Vinicius Mitchell

Diagramação

Camille Moraes, Fernanda Novaes,
Larissa Averbug, Mario Lima, Nubia Roma

Capa

Larissa Averbug e Vinicius Mitchell

Projeto Gráfico

Larissa Averbug

Produção Gráfica

Fábio Rapello Alencar



FIC

ALEXANDRE SOARES

Eletricista Predial

VOLUME 2





Sumário

7	Unidade 9 Quadro de Distribuição Elétrico
15	Unidade 10 Instalação de Ventilador de Teto e Chuveiro Elétrico
31	Unidade 11 Aterramento
51	Unidade 12 Disjuntor e Interruptor Diferencial Residual (DR)
67	Unidade 13 Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)
81	Unidade 14 Motor de Indução Monofásico
93	Unidade 15 Motor de Indução Trifásico
111	Unidade 16 Noções de Comandos Elétricos
135	Unidade 17 Chave Y/Δ Automática e Eletrobomba



unidade

9

Quadro de Distribuição Elétrico

3

Divisão da Instalação em Circuitos Terminais

Após a **determinação da quantidade e localização do QD's**, é de fundamental importância efetuar a **divisão da instalação elétrica em circuitos**, de acordo com as necessidades, em tantos circuitos quantos forem necessários, devendo cada circuito ser concebido de forma a poder ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida através de outro circuito.

A divisão da instalação em circuitos elétricos deve ser de modo a atender:

- **A segurança:** evitando que a falha em um circuito prive a alimentação toda uma área.
- **Conservação de energia:** possibilitando que cargas de iluminação e/ou de climatização sejam acionadas na justa medida das necessidades.
- **Funcionais:** permitindo a criação de diferentes ambientes, como os necessários em auditórios, salas de reuniões, espaços de demonstração, recintos de lazer, etc.
- **A produção:** diminuindo as paralisações de inspeção e de reparo.
- **Manutenção:** facilitando ou possibilitando ações de inspeção, operação, ensaios e de reparo.

E, além disso, **a queda de tensão e a corrente nominal serão menores**, proporcionando **dimensionamento de condutores de menor seção e dispositivos de proteção com menor capacidade nominal**.

Para cada circuito terminal deve ser previsto um **dispositivo de proteção**.

Nas instalações elétricas em geral, devem ser utilizados **disjuntores termomagnéticos (DTM)**, **disjuntores diferenciais residuais (DR)*** e **dispositivos de proteção contra surtos (DPS)***

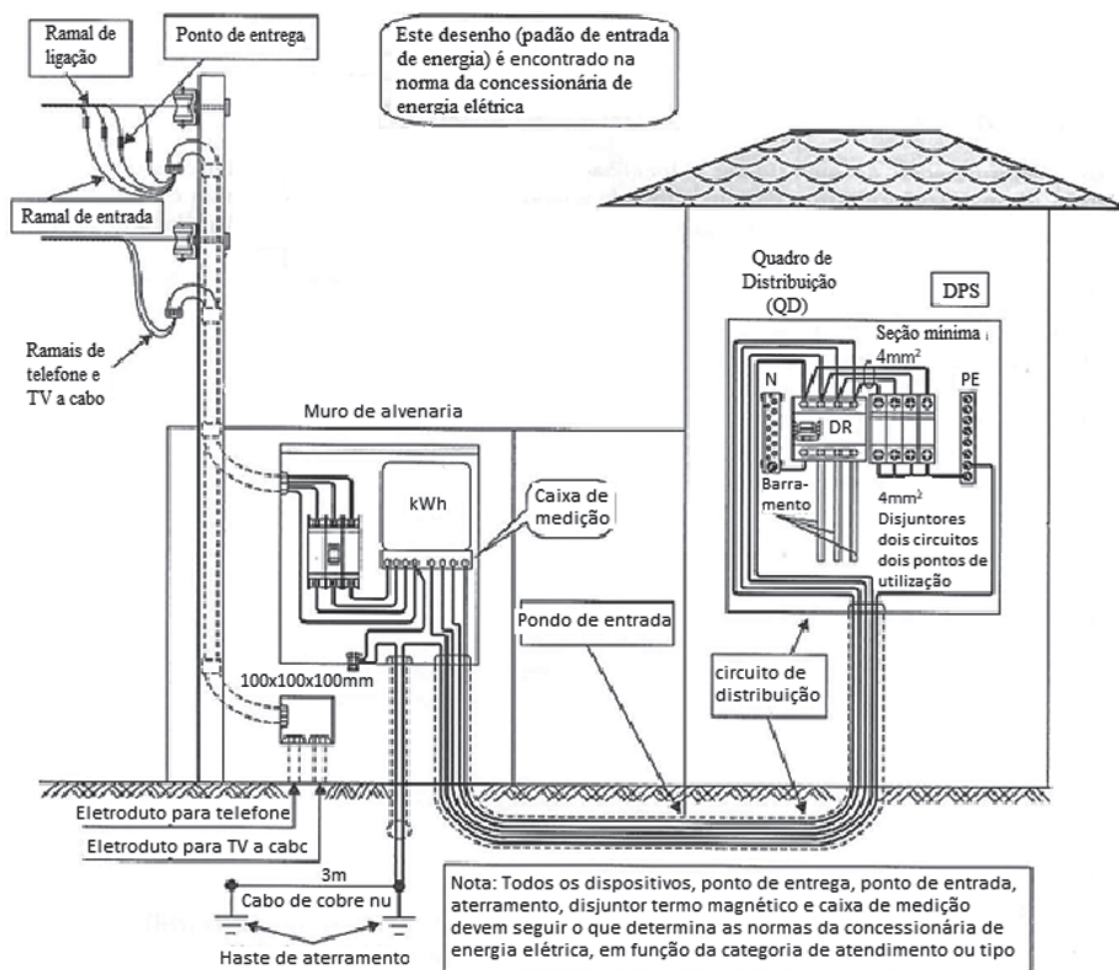
* dispositivos de proteção que iremos ver nas próximas aulas.

Circuito Elétrico

É o conjunto de **equipamentos e condutores**, ligados ao mesmo dispositivo de proteção. É constituído, basicamente dos seguintes elementos: **fonte, condutores, proteção, dispositivos de comando (interruptores) e carga**.

Em uma instalação elétrica, existem **dois tipos de circuito**: o de **distribuição** (que atende a várias cargas) e os **circuitos terminais** (que atendem a uma carga específica - ponto de utilização).

Na figura abaixo vemos os detalhes de uma entrada de energia, desde a conexão do ramal de entrada com o ramal de ligação no poste auxiliar do consumidor.



Detalhes de uma entrada de energia desde o poste auxiliar do consumidor até o QD.

Crêterios para a Divisão da Instala o em Circuitos

- a) Os circuitos terminais devem ser individualizados pela fun o dos equipamentos de utiliza o que alimentam. Em particular, devem ser previstos circuitos terminais distintos para **ilumina o e tomada** (4.2.5.5).
- b) Devem ser previstos circuitos independentes para equipamentos com corrente nominal superior a 10 A. (9.5.3.1)
- c) Devem ser previstos circuitos individuais (tanto quanto forem necessários) para pontos de tomada de cozinha, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos. (9.5.3.2)
- d) Devem ser previstos circuitos individuais (tanto quanto forem necessários) de pontos de tomadas para os demais c modos ou dependências (isto  , fora aqueles listados no item “C”).
- e) Para cada ponto de Tomada de Uso Específico (TUE) deve ser previsto circuito exclusivo.
- f) Limitar em **1.200 VA a 1.500VA em 127 V e 2.200VA a 2.500 VA em 220 V**, a potência máxima dos circuitos de ilumina o. E **1.800VA a 2.000VA em 127V e 3.600VA a 4.000VA** para as TUG’s, e em circuitos exclusivos de TUE’s podem ser ligadas tanto em 127 V como em 220 V, conforme a necessidade ou as determina es do fabricante.
- g) Nos circuitos de pontos de tomadas de cozinha, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, as potências dos circuitos podem ser conforme determina a norma. Em geral, o limite pode chegar a **2.100 VA**, que corresponde até seis pontos de tomadas 600VA + 600VA + 600VA + 100VA + 100VA + 100VA. Se forem previstos sete pontos de tomadas, a potência será de 600VA + 600VA + 100VA + 100VA + 100VA + 100VA + 100VA = **1.700 VA**. (d. 9.5.2.2.2)
- h) Nas instala es alimentadas com duas ou três fases, as cargas devem ser distribuídas entre as fases de modo a obter-se o maior equilíbrio possível.

Observa o:

Na pratica, hoje com o emprego de lâmpadas led’s e aparelhos que possuem um melhor rendimento e que conseqüentemente consomem menos energia elétrica, utilizamos valores de potências mais baixos para a divisão dos circuitos de Tomadas de Uso Geral (TUG’s). Podemos utilizar

potências na ordem de 700, 800, 900VA para separação dos circuitos e, com isso alcançar uma seletividade maior, mais circuitos.

Circuitos Terminais

Os circuitos terminais partem do quadro de distribuição e alimentam diretamente lâmpadas, tomadas de uso geral (TUG's) e tomadas de uso específico (TUE's). ■

Balanceamento do QD

4

Devemos balancear (equilibrar) as fases de um quadro de distribuição para evitar distorções nas correntes entre as fases e consequentemente diminuir a corrente de neutro (em circuitos bifásico e trifásicos).

Para tanto, distribuímos as cargas de maneira mais uniformemente possível entre os barramentos do quadro de energia.

Vamos ver como se faz:

Ao se ligar um disjuntor tripolar de 30 A, significa que a fase L1 tem 30 A, a fase L2 tem 30 A e a fase L3 30 A; você anotará esses valores. Se um disjuntor bipolar de 15 A tem seus terminais ligados em L1 e L3, isto significa que a fase L1 tem 15 A e L3 também tem 15 A e assim sucessivamente.

Desta maneira soma-se as correntes de distribuição das fases, como será mostrado a seguir. Isto é apenas um exemplo. Um caso prático poderá ter outra realidade, ou seja, pode ter outras correntes de distribuição.

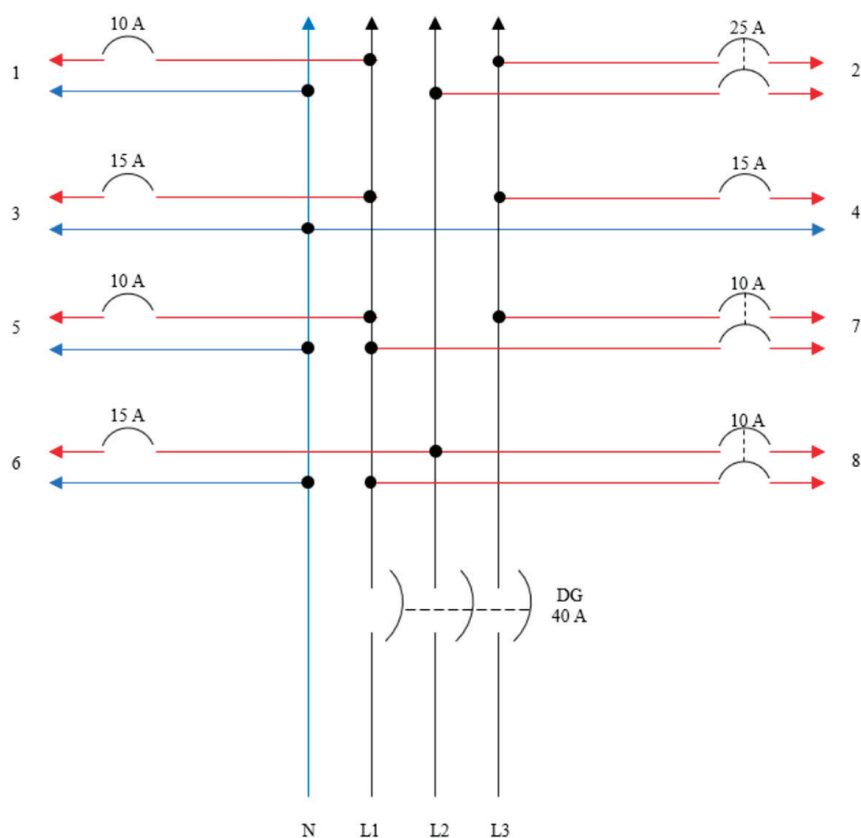
Só para recordar:

Você se lembra do símbolo do disjuntor no sistema multifilar?

No caso todos os disjuntores representados abaixo são de 10A, claro que poderia ser de qualquer valor.



Vamos pegar como exemplo o circuito multifilar a seguir:



No nosso exemplo, somando-se cada ponto de ligação do disjuntor ligado em cada fase temos:

$$L1 = 10 + 15 + 10 + 10 + 10 = 55 A$$

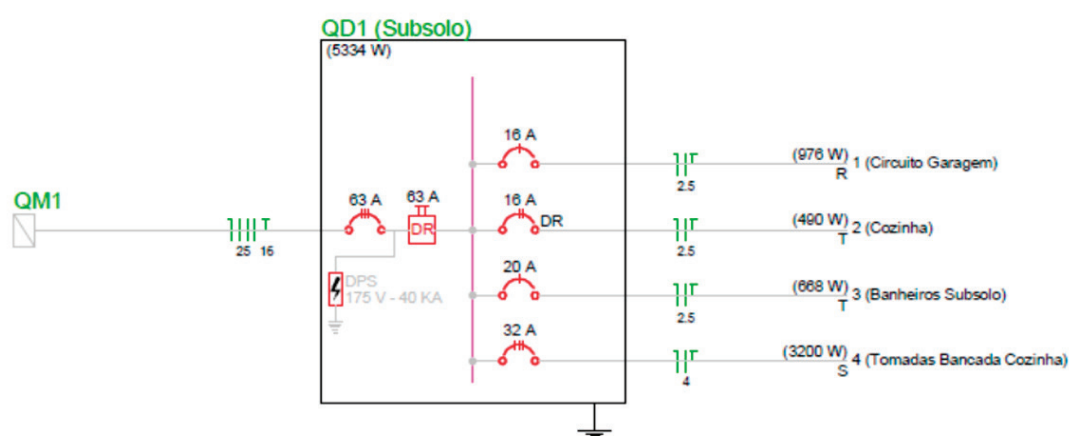
$$L2 = 25 + 10 + 15 = 50 A$$

$$L3 = 25 + 10 + 15 = 50 A$$

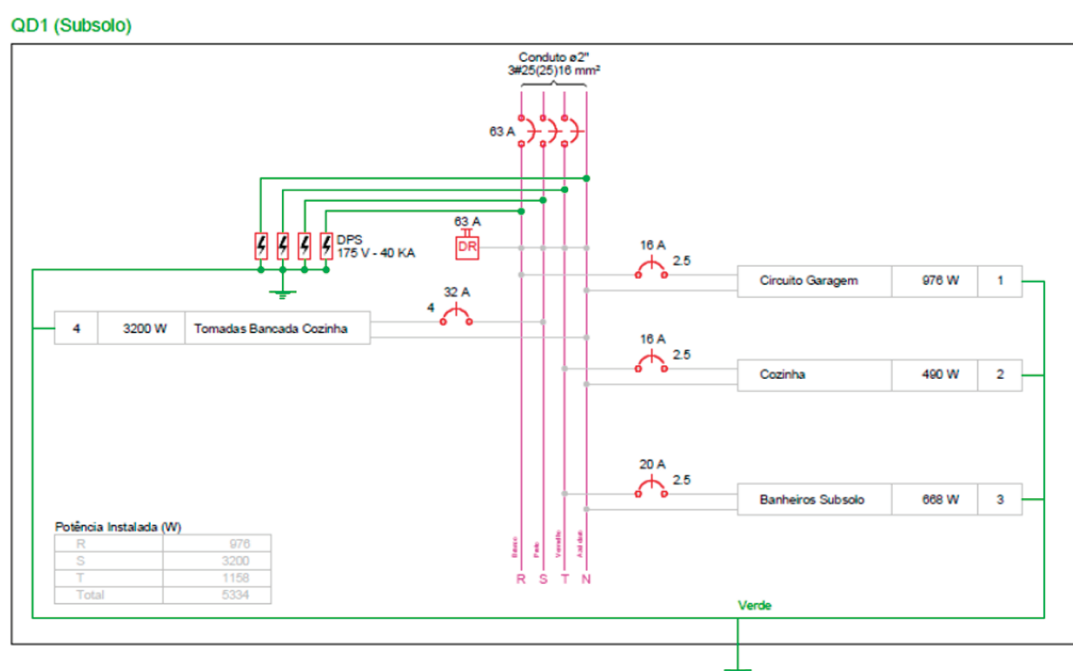
Isso quer dizer que a fase L1 tem 55 A, a fase L2 tem 50 A e a fase L3 também está com 50 A.

Essa foi a melhor distribuição que se conseguiu chegar, claro que em outros casos você pode não conseguir fazer um equilíbrio tão próximo assim. Devemos fazer várias tentativas de posicionamento dos disjuntores em várias fases diferentes, até se obter o melhor equilíbrio possível.

Abaixo podemos observar um exemplo do diagrama elétrico unifilar de um quadro de distribuição elétrico.



A seguir vemos o diagrama multifilar desse mesmo quadro. ■



unidade

10

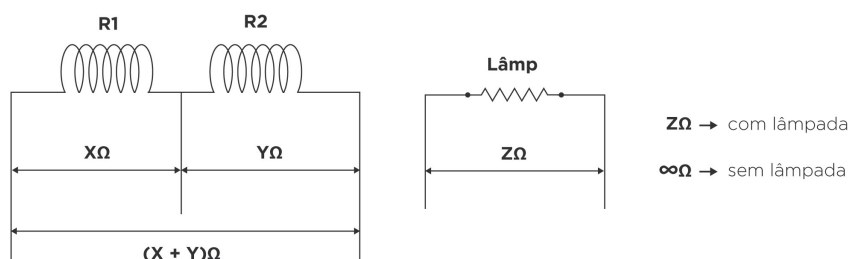
Instalação de Ventilador de Teto e Chuveiro Elétrico

1

Ventilador de Teto

Quando um ventilador de teto vai ser instalado pela primeira vez, normalmente vem com o diagrama de montagem e instalação, o que facilita para o instalador. Porém, quando isto não acontece, vários procedimentos deverão ser observados, tais como:

a) Identificar os dois condutores que são ligados ao capacitor – são os terminais do enrolamento do motor que apresentam maior resistência elétrica.



b) Identificar os dois condutores da lâmpada – são os terminais que, com a lâmpada no local, apresentam uma resistência e, sem a lâmpada, apresentarão resistência infinita (∞);

c) Ligar o **capacitor** entre os dois condutores de **maior** resistência;

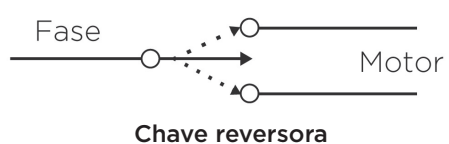
d) Ligar o fio comum do motor ao condutor neutro da rede, e os outros dois à fase, através do interruptor ou da chave reversora

OBS.: Para os condutores do motor, entre o terminal comum e os outros dois terminais, dará uma resistência “X” e uma “Y” e, entre estes dois terminais, dará a soma das duas resistências (X + Y).

Observações Importantes:

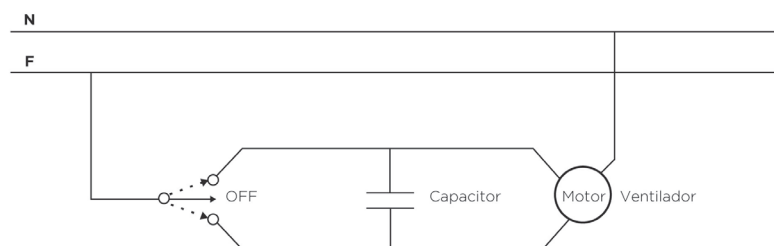
1- Os ventiladores possuem reversão, isto é, giram em dois sentidos, requisitando as funções de ventilação e exaustão, sendo ambas selecionadas por um interruptor.

2- O interruptor acima citado, normalmente, é uma chave unipolar reversora (com a posição desliga) que recebe a fase da rede no borne central e alimenta o motor através dos outros dois bornes.

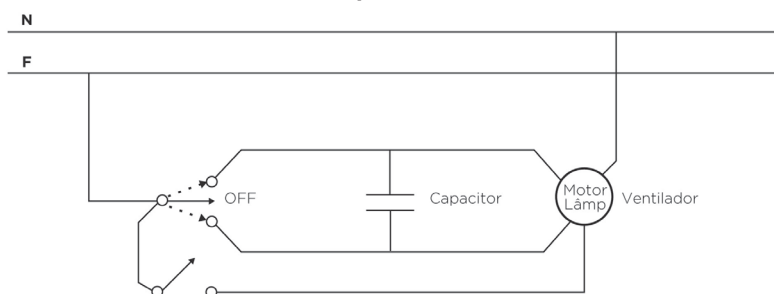


Diagramas mais utilizados

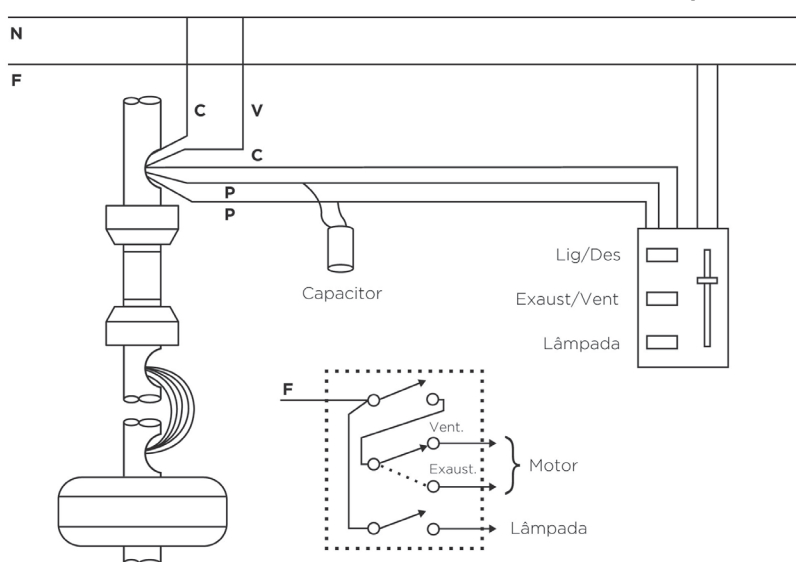
Sem lâmpada e com reversão



Com lâmpada e reversão



Ventilador com controle de velocidade, reversão e lâmpada



Cuidados com a Instalação

De acordo com o tipo de teto, deve-se observar com critério o local e o sistema de fixação, tais como:

- Forro de gesso, madeira, laje pré-fabricada, caixa de teto danificada.

Sugestão:

- O eletricitista deverá encontrar uma solução confiável de fixação.

Exemplo:

Chumbadores plásticos ou metálicos.

Suportes especiais metálicos etc.

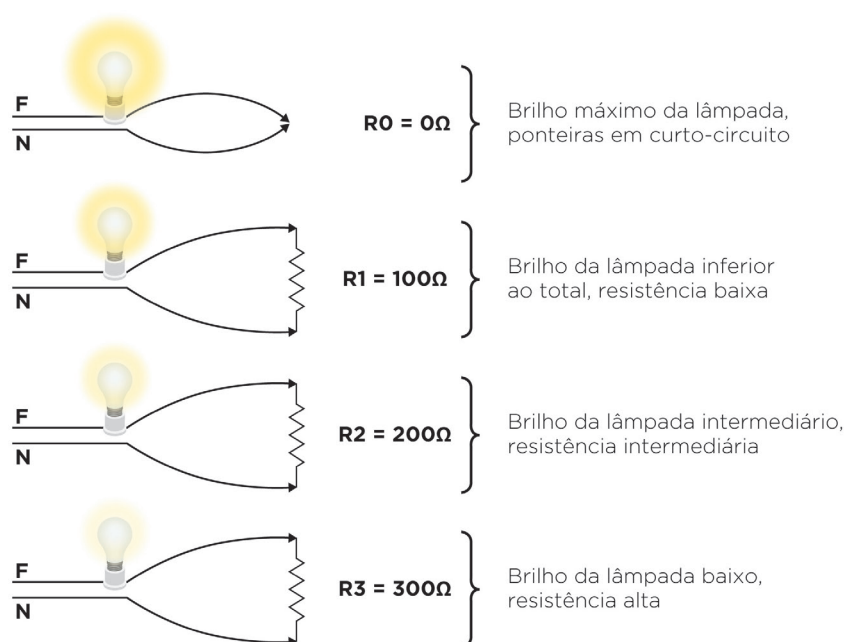
Nota:

A verificação da resistência elétrica das bobinas do ventilador poderá ser feita através do uso da lâmpada série, que nada mais é do que uma lâmpada comum ligada em série com a carga, conforme desenho abaixo.

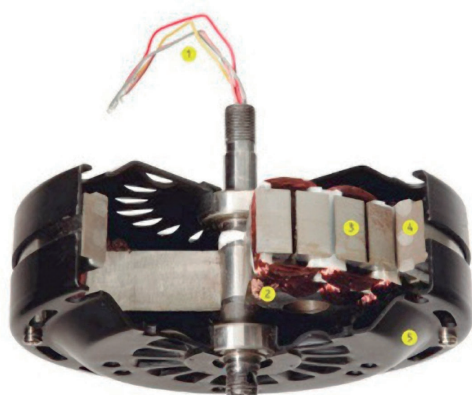
Conjunto lâmpada série

Para montar um circuito de lâmpada em série é só colocar uma lâmpada incandescente comum num dos lados de uma extensão. Assim um dos lados da rede vai num dos bornes do receptáculo da lâmpada e, do outro borne, no outro lado do receptáculo, sai uma das ponteiros, que irá servir para fazer as verificações elétricas do componente (aparelho) a ser testado. Do outro condutor da rede, é feita a segunda ponteira, que vai direto para o componente (aparelho) a ser testado.

Os resultados das medições efetuadas em cima do componente (aparelho) serão obtidos analisando-se o brilho da lâmpada série. Sendo assim, quanto maior for o brilho observado na lâmpada, menor será a resistência elétrica medida. Conforme a resistência elétrica do componente (aparelho) aumenta, o brilho da lâmpada diminui proporcionalmente.



A seguir, vemos um motor de ventilador em corte, com os seus componentes internos.



- 1 - Fiação do motor
- 2 - Enrolamentos do estator
- 3 - Núcleo do estator
- 4 - Rotor de gaiola
- 5 - Carcaçar

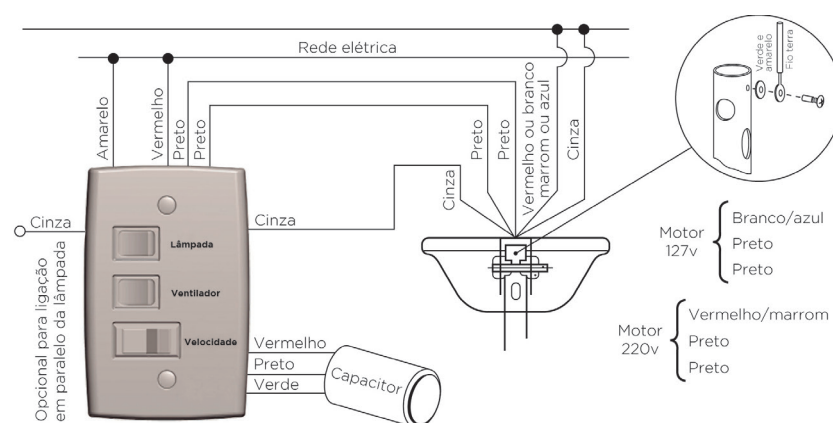
Vista interna de motor de ventilador de teto

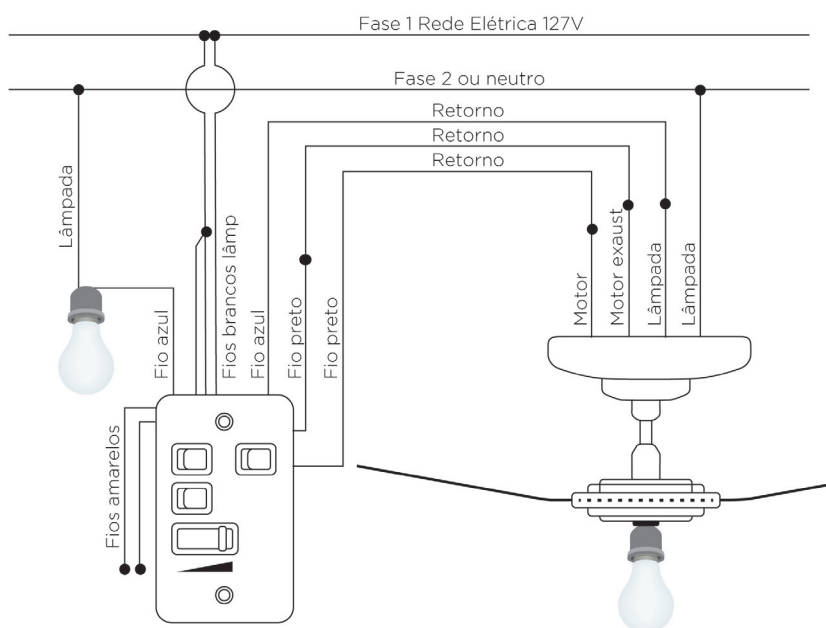
Cuidados a serem tomados para uma boa instalação do ventilador de teto:

1. Antes de iniciar a instalação, desligue a chave geral, verifique a tensão da rede e identifique os fios elétricos: terra, neutro e fase;
2. Durante a instalação, não segure o aparelho apenas pelos fios.
3. Nunca misture pás de modelos ou de fabricantes diferentes. Se tiverem pesos diferentes, o ventilador pode desbalancear e alguma peça pode se soltar.

4. Verifique se as pás estão bem fixadas à carcaça.
5. Atenção na instalação: o local de fixação do ventilador de teto deve suportar uma carga mínima de 25 Kg.
6. As pás do ventilador de teto deverão estar em uma altura igual ou superior a 2,3 m acima do piso e a uma distância mínima de 0,5 m de paredes, lustres e móveis altos.
7. Observe se o curso de abertura e fechamento de portas, janelas e portas de armários não irá coincidir com o raio de atuação das pás.
8. O desligamento do ventilador deve ser incorporado à fiação fixa se não houver outro meio de desligamento (em caso de ligação bifásica, instalar disjuntor bipolar ou outro dispositivo que possibilite o desligamento completo do aparelho).

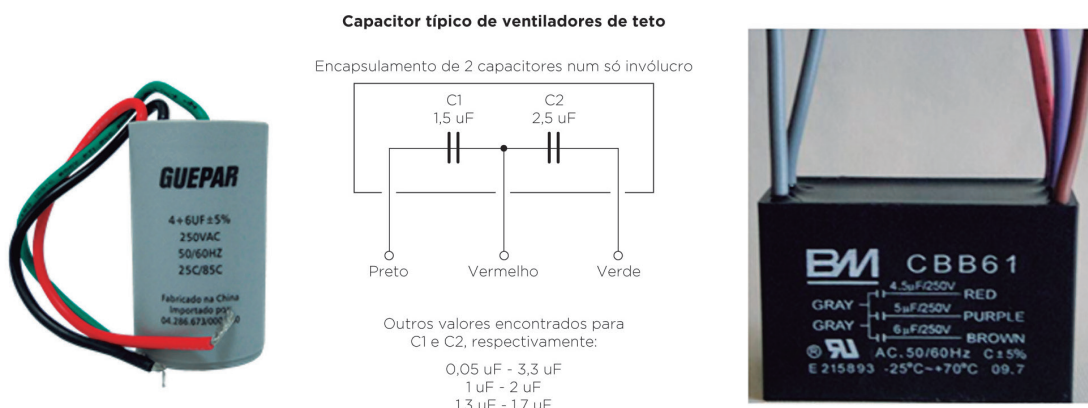
Observe os dois esquemas elétricos completos de ligação de ventilador de teto com o seu respectivo comando:





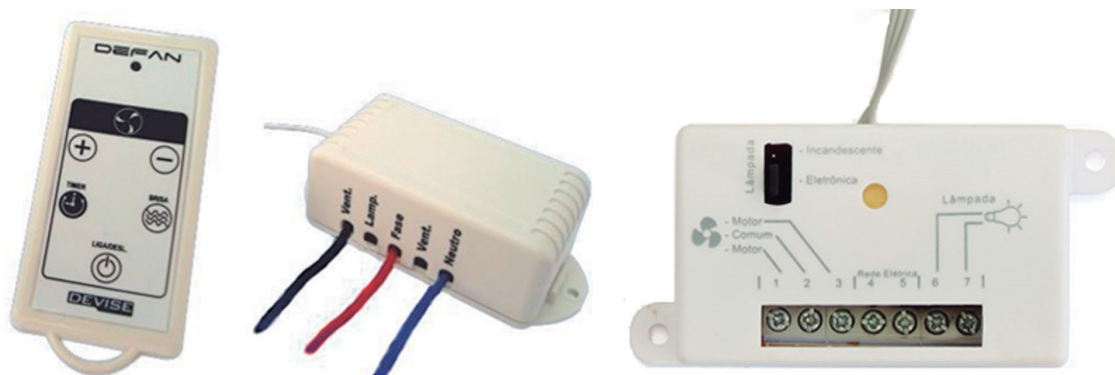
Detalhe interno do capacitor de marcha do ventilador de teto.

Observe que, dentro do invólucro, há, na verdade, dois capacitores ligados em série entre os fios preto e verde. A partir daí, podemos obter vários valores de capacitor, dependendo da forma de ligação de seus terminais (série ou paralelo).



Quando não há como passar os fios por dentro do eletroduto por algum motivo, existe outra opção de ligação do ventilador de teto: são os interruptores para ventiladores de teto de controle remoto.

A ligação elétrica é muito simples, bastando observarmos as informações do fabricante para a sua ligação, conforme figura abaixo. ■



2 Chuveiro Elétrico

Instalação de chuveiro elétrico

Na maioria dos casos, quando se adquire um chuveiro elétrico, o fabricante indica todas as características elétricas, assim como o disjuntor e o condutor para ligá-lo até uma certa distância.

Caso isso não ocorra, ou não se tenha em mãos o guia de instalação do chuveiro, devemos observar alguns fatores importantes para a sua perfeita instalação, dentro da norma NBR 5410:2004.

Efetuar a instalação de um chuveiro elétrico é relativamente simples. No entanto, não se deixe enganar, porque existem outros fatores fundamentais com os quais devemos nos preocupar ao fazer a instalação de um chuveiro elétrico. Temos de fazer o levantamento de alguns fatores importantes como, por exemplo, qual disjuntor usar para o chuveiro? Qual a tensão do chuveiro? Qual a distância do chuveiro até o Quadro de Distribuição (QD)? Qual cabo usar para conectar o chuveiro?

Então, para a instalação adequada de um chuveiro elétrico, precisamos saber os seguintes fatores:

- qual a potência do chuveiro em watts (W);
- qual a tensão de alimentação do chuveiro em volts (V);
- qual a distância do chuveiro ao QD em metros (m).

Com estes parâmetros, podemos calcular o condutor e o disjuntor a ser utilizados para a sua ligação elétrica.

Exemplo:

Para um chuveiro elétrico com potência de 5500 W, para uma tensão de 127 V e que esteja a 10 metros de distância do QD, teremos:

$$I = \frac{P}{V} \rightarrow I = \frac{5500}{127} = 43,3A$$

Como não há disjuntor com a corrente calculada (43,3 A), escolheremos o disjuntor acima mais próximo do valor calculado. No capítulo Dispositivo de Proteção e Manobra em Tabelas de Capacidade dos Disjuntores Termomagnéticos (Semana 8 ou página 110 do 1º fascículo), na Tabela 3, obtemos o valor do disjuntor um pouco acima da corrente do chuveiro (50 A):

Disjuntor de 50 A , unipolar (127 V uma fase), classe B (pois o chuveiro elétrico é um dispositivo resistivo)

Para o dimensionamento do condutor adequado em relação à capacidade de corrente elétrica, podemos observar em:

Exemplos de Dimensionamento (Semana 8 ou página 119 do 1º fascículo), a Tabela 5:

Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D.

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70 °C

Temperaturas de referência do ambiente: 30 °C (ar), 20 °C (solo)

Na coluna (6), método de instalação B1 com dois condutores carregados (2cc), a corrente ligeiramente superior à do chuveiro (43,3 A) é a de 57 A, que corresponde ao condutor de 10 mm².

Como a distância do QD ao chuveiro é relativamente pequena (10m), provavelmente não haverá uma queda de tensão significativa, porém podemos fazer a verificação.

- $R \rightarrow$ Resistência do condutor de 10 mm^2 de seção transversal com 20 m de comprimento;
- $ev \rightarrow$ Queda de tensão provocada pelo condutor nas condições acima, sendo percorrido por uma corrente de 43,3 A;
- $e\% \rightarrow$ Valor em porcentagem (%) da queda de tensão nas condições acima.

$$R = \frac{\rho \times L}{S} \rightarrow R = \frac{0,017 \times 20}{10} \rightarrow R = 0,034 \Omega$$

$$ev = R \times I \Rightarrow e\% = 0,034 \times 43,3 \rightarrow ev = 1,472V$$

$$e\% = \frac{ev}{V} \rightarrow e\% = \frac{1,472}{127} \times 100 \rightarrow e\% = 1,16\%$$

ou

$$e\% = \frac{\rho \times L \times I}{S \times V} \times 100 \rightarrow e\% = \frac{0,017 \times 20 \times 43,3}{10 \times 127} \times 100 \rightarrow e\% = 1,16\%$$

Como esperado, a queda de tensão com o condutor de 10 mm^2 foi de 1,16%, que está bem abaixo do valor máximo de 4% que a norma estabelece.

Sendo assim, utilizaremos:

Disjuntor de proteção de 50 A

Condutor de cobre de 10 mm^2

Que atende perfeitamente à norma NBR5410:

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$43,3 \leq 50 \leq 57$$

Se no exemplo em questão aumentássemos a distância do chuveiro ao QD para 40 metros, teríamos que calcular a queda de tensão máxima admissível:

A **queda de tensão máxima admissível ($e\%$)** em circuitos terminais é de 4% $\rightarrow 0,04$.

Sendo a tensão de 127 V, calculamos 4% desse valor.

$$(ev) = 127 \times 0,04 \rightarrow (ev) = 5,08 V$$

Este é o valor máximo da **queda de tensão** que poderá ocorrer entre o QD e o chuveiro.

Com isso, obtemos uma tensão no chuveiro de: $127 - 5,08 = 121,92 \text{ V}$.

$e_v = 5,08 \text{ V}$

Calculando agora a resistência máxima que o condutor poderá ter para transportar a corrente do quadro até o chuveiro:

$$R = \frac{e_v}{I} \rightarrow R = \frac{5,08}{43,3} = 0,1173 \Omega$$

$L = 2 \times \text{a distância} \rightarrow L = 2 \times 40 = 80 \text{ m}$ (comprimento do condutor a ser utilizado)

$E = 127 \text{ V}$ (tensão da rede elétrica)

$\rho = 0,017 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ (resistividade do cobre)

$I = 43,3 \text{ A}$ (corrente elétrica do chuveiro)

$R = 0,1173 \Omega$ (resistência máxima do condutor para uma queda de 4%)

Com estes dados podemos calcular a seção transversal do condutor para ligar o chuveiro à 40 metros de distância:

$$S = \frac{\rho \times L}{R} \rightarrow S = \frac{0,017 \times 80}{0,1173} = 11,59 \text{ mm}^2$$

A seção mínima para ligar esse chuveiro seria de $11,59 \text{ mm}^2$. Como não temos esse condutor no mercado, o próximo condutor acima é o de 16 mm^2 (Na Tabela 5: corrente (I) do condutor: 76 A).

Concluimos, então, que:

Devemos levar em consideração a distância da alimentação até o ponto de consumo, quando esta for considerável e a carga possuir uma potência mais elevada.

Sendo assim, utilizaremos:

Disjuntor de proteção de 50 A

Condutor de cobre de 16 mm^2

Que atende perfeitamente à norma NBR5410:

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$43,3 \leq 50 \leq 76$$

Saiba mais:

Como vamos utilizar o condutor de 16 mm², podemos calcular, a título de curiosidade, qual a real queda de tensão que o circuito sofrerá:

$$R = \frac{\rho \times L}{S} \rightarrow R = \frac{0,017 \times 80}{16} = 0,085 \Omega$$

$$e\% = R \times I \Rightarrow e\% = 0,085 \times 43,3$$

$$e\% = 3,68V$$

A tensão que irá chegar no chuveiro será $\rightarrow 127 - 3,68 = 123,32 \text{ V}$.

OBSERVAÇÃO:

O procedimento do cálculo adotado para o chuveiro elétrico descrito acima é utilizado para qualquer equipamento de elevada potência, como condicionadores de ar, máquinas de solda, aparelhos de aquecimento etc.

A seguir, podemos observar alguns modelos de resistores (resistência elétrica) de chuveiros que encontramos no mercado:



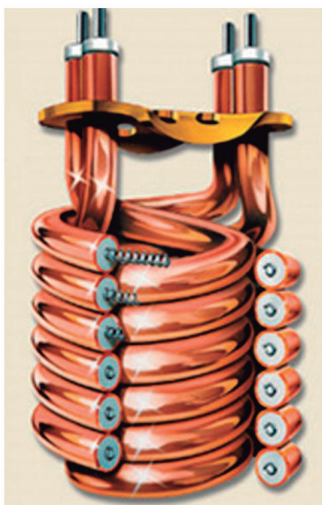
Os resistores acima são do tipo aberto, ou seja, estão em contato direto com a água, não sendo essa a forma mais econômica nem segura para o aquecimento de água.

Outro tipo de chuveiro é o com resistor (resistência) blindada, que é mais econômico (no sentido de substituição do resistor) e bem mais seguro.

O que é resistência blindada?

Resistência blindada é um tipo de resistência cujo filamento que aquece a água é envolvido por uma proteção de cobre ou aço.

É indicada para uso em regiões de água salobra, que é rica em sais minerais que reduzem a vida útil das resistências convencionais. No entanto, também pode ser usada em regiões onde não predomina este tipo de água. A principal vantagem é que dura bem mais que as convencionais. Tem o mesmo consumo de energia, quando comparada com uma resistência convencional de mesma potência.



Outro cuidado que se deve tomar é na ligação elétrica dos seus condutores à rede elétrica.

Deve-se usar conector com isolamento de porcelana ou baquelite de correntes elevadas, conforme mostrado na próxima figura.



Outra excelente alternativa é o conector rápido isolante. Este conector é confeccionado em polipropileno, tendo como característica isolar e não propagar a chama. Possui internamente uma mola de aço em formato quadrado, conforme podemos observar abaixo, a qual garante a firmeza da conexão, unindo com facilidade dois ou mais condutores rígidos e/ou flexíveis, de seções iguais ou diferentes, proporcionando excelente condutibilidade elétrica. O conector dispensa o uso de soldas, alicate, chave de fenda e fita isolante.



unidade

11

Aterramento

1

Sistemas de Aterramento

O aterramento, muito embora não apresente maiores dificuldades quanto ao seu entendimento, nem quanto à sua importância para a segurança e o correto funcionamento de equipamento e instalações, continua gerando muitas dúvidas. Além disso, o que é extremamente lamentável, continua sendo ignorado por muitos “profissionais” que atuam nessa área.

As razões para tantas dúvidas se referem, principalmente, ao interesse em buscar informações técnicas para a correta execução do sistema de aterramento, e nem tanto à complexidade do serviço.

A ausência ou falta de aterramento é responsável por muitos acidentes elétricos com vítimas, principalmente em instalações residenciais.

LEI Nº 11337, 26 JULHO DE 2006

- Determina a obrigatoriedade de as edificações possuírem sistema de aterramento e instalações elétricas compatíveis com a utilização de condutor terra de proteção, bem como torna obrigatória a existência de condutor terra de proteção (PE) nos aparelhos elétricos/eletrônicos.

Objetivo

- O objetivo principal do aterramento de uma instalação elétrica é estabelecer os limites de segurança para as tensões que possam surgir dentro do ambiente no caso de uma ocorrência de defeito para terra (tensão de passo e toque), pondo em risco a vida dos indivíduos que circulam dentro desse ambiente.



O limite de corrente alternada suportada pelo corpo humano é de 25 mA, sendo que, na faixa entre 15 e 25 mA, o indivíduo sente dificuldades em soltar o objeto energizado. Entre 15 e 80 mA, o indivíduo é acometido de grandes contrações e asfixia. Acima de 80 mA, até a ordem de grandeza de poucos ampères, o indivíduo sofre graves lesões musculares e queimaduras, além de asfixia imediata. Acima disso, as queimaduras são intensas, o sangue sofre o processo de eletrólise, a asfixia é imediata e há necrose dos tecidos. A gravidade dessas lesões depende do tempo de exposição do corpo humano à corrente elétrica.

Definições

Aterramento

Tem por finalidade proteger a instalação e seus usuários de uma ligação à terra, onde a corrente elétrica flui sem riscos. Para manter uma resistência de terra abaixo de 10 ohms (Ω), conforme exigido pela NBR 5419, é necessário conhecer o tipo de solo e as opções de aterramento. O “eletrodo de aterramento” é uma infraestrutura e, portanto, parte integrante da edificação.



Choque elétrico

É o efeito fisiológico que resulta da passagem de uma corrente elétrica pelo corpo humano, denominada corrente de choque.

O choque elétrico deve ser analisado em função de três elementos fundamentais. São eles:

Parte Viva

É um condutor elétrico ou qualquer outro elemento condutor que pode ser energizado em uso normal.

Neste caso, como parte viva, também é considerado o condutor neutro e excluído o condutor PE ou PEN (função combinada do neutro e proteção). O termo condutor vivo ou condutor carregado é frequentemente utilizado para designar os condutores fase e neutro.

Massa ou Massa Condutora Exposta

São os elementos condutores que normalmente são energizados, mas que, numa eventualidade de problemas de isolamento, podem tornar-se vivos ou energizados e, assim, provocar um acidente ao serem tocados diretamente, como, por exemplo, estruturas metálicas de aparelhos eletrodomésticos.

Elemento Condutor Estranho (à instalação elétrica)

É qualquer elemento não permanente à instalação, mas que nela pode introduzir um potencial, geralmente o de terra.

Equipotencialização

A NBR 5410 define a equipotencialização como o “procedimento que consiste na interligação de elementos especificados (todos os barramentos e a infraestrutura)”.

Tem a função de “proteger contra choques elétricos e contra sobretensões e perturbações eletromagnéticas. Uma determinada equipotencialização pode ser satisfatória para proteção contra choque elétrico, mas insuficiente para proteção contra perturbações eletromagnéticas”.

PRESCRIÇÕES DA NBR 5410

A NBR 5410 apresenta cinco exemplos de esquemas de aterramento de sistemas elétricos trifásicos comumente utilizados. Deve-se observar que “as massas indicadas não simbolizam um único, mas sim qualquer número de equipamentos elétricos”. Pode-se observar também que “uma mesma instalação pode eventualmente abranger mais de uma edificação. As massas devem necessariamente compartilhar o mesmo eletrodo de aterramento, se pertencentes a uma mesma edificação, mas podem, em princípio, estar ligadas a eletrodos de aterramento distintos”. São eles:

Esquemas de Aterramento e de Proteção Associados

As redes de distribuição são classificadas segundo diversos esquemas de aterramento, que diferem entre si em função da situação da alimentação e das massas com relação à terra. Os diferentes sistemas são classificados segundo um código de letras na forma XYZ, em que:

X = identifica a situação da alimentação em relação à terra:

T = sistema diretamente aterrado;

I = sistema isolado ou aterrado por impedância.

Y = identifica a situação das massas da instalação com relação à terra:

T = massas diretamente aterradas;

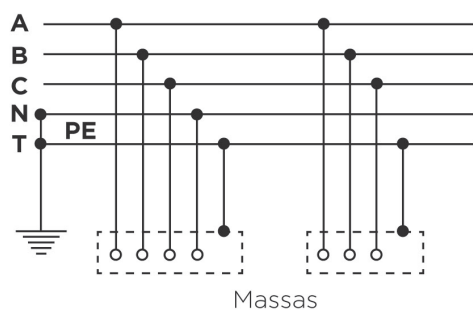
N = massas ligadas ao ponto de alimentação, onde é feito o aterramento.

Z = disposição dos condutores neutro e de proteção:

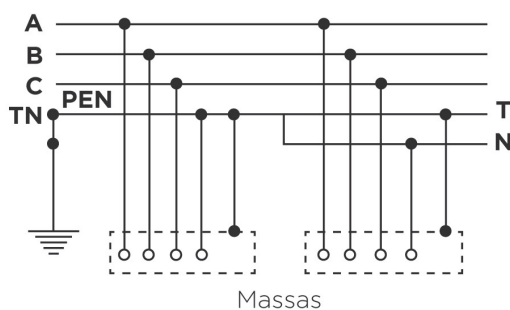
S = condutores neutro e de proteção separados;

C = neutro e de proteção combinados em um único condutor (PEN).

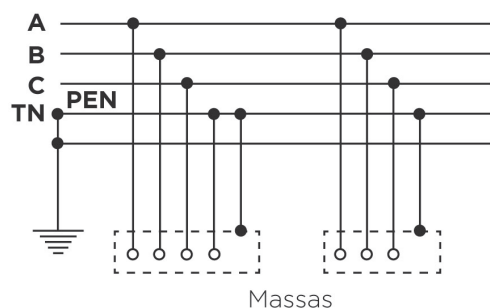
Os diversos esquemas de aterramento TN, TT e IT são apresentados na Figura 1.



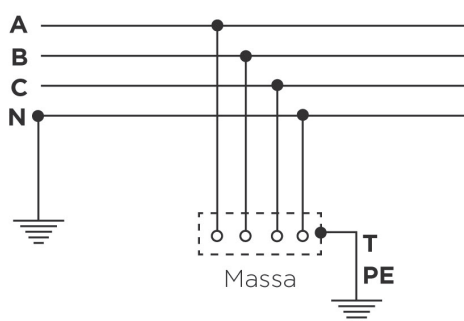
(a) Condutor neutro e condutor terra distintos. (Sistema TN-S)



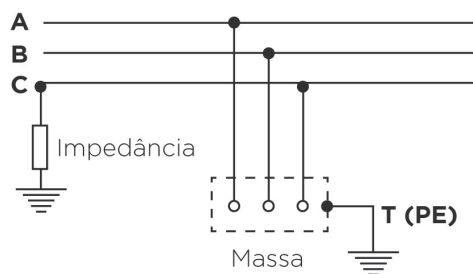
(b) Condutor neutro e terra combinados em um único condutor em uma parte do sistema. (Sistema TN-C-S)



(c) Condutor neutro e terra combinados em um único condutor. (Sistema TN-C)



(d) Neutro aterrado independentemente do aterramento da massa. (Sistema T-T)



(e) Não há ponto de alimentação diretamente aterrado; massa aterrada. (Sistema IT)

A,B e C	- Condutores-fase
N	- Condutores neutro
T	- Condutor de terra (ou proteção)
TN	- Condutor de terra e neutro
	- Eletrodo de terra
PEN	- Condutor de proteção e neutro
PE	- Condutor de proteção

Figura 1

Nota:

A confiabilidade do esquema TN, particularmente quando a proteção contra contatos indiretos for realizada por dispositivos à sobre-corrente, fica condicionada à integridade do neutro, o que, no caso de instalações alimentadas por rede pública em baixa tensão, depende das características do sistema da concessionária.

Significado das Letras

Primeira letra – Situação da alimentação em relação à terra:

- T – um ponto diretamente enterrado;
- I – isolamento de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento através de uma impedância.

Segunda letra – Situação das massas da instalação em relação à terra:

- T – massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto de alimentação;
- N – massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto aterrado é geralmente o ponto neutro).

Outras letras (eventuais) – Disposição do condutor neutro e do condutor de proteção:

- S – funções de neutro e de proteção asseguradas por condutores distintos;
- C – funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor PEN.

Esquema TN

O esquema TN (Figura 1(a), (b) e (c)) possui um ponto de alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto por condutores de proteção. A corrente de falta direta fase massa é uma corrente de curto-circuito. Em função da combinação condutor de proteção/condutor neutro, o esquema TN apresenta as seguintes variações possíveis:

- esquema TNS (Figura 1(a)), em que o condutor neutro (N) e o condutor de proteção (PE) são separados;
- esquema TNCS (Figura 1(b)), em que as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor (PEN) em uma parte da instalação;

- esquema TNC (Figura 1(c)), em que as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor (PEN) ao longo de toda a instalação.

No esquema TNC, a proteção apenas pode ser realizada por dispositivo à sobrecorrente (disjuntor convencional), uma vez que esse esquema é incompatível com o disjuntor DR (diferencial residual), enquanto no esquema TNS ambos os dispositivos podem ser utilizados.

Em instalações alimentadas por rede de alimentação pública que utilize esquema TN, quando não puder ser garantida a integridade do condutor PEN, devem ser utilizados disjuntores DR.

Esquema TT

O esquema TT (Figura 1(d)) possui um ponto de alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a pontos de aterramento distintos do ponto de aterramento da instalação. A corrente de falta direta fase massa é inferior a uma corrente de curto-circuito, podendo apresentar, porém, magnitude suficiente para produzir tensões de contato perigosas. Nos sistemas TT, a proteção por disjuntor DR é obrigatória.

Esquema IT

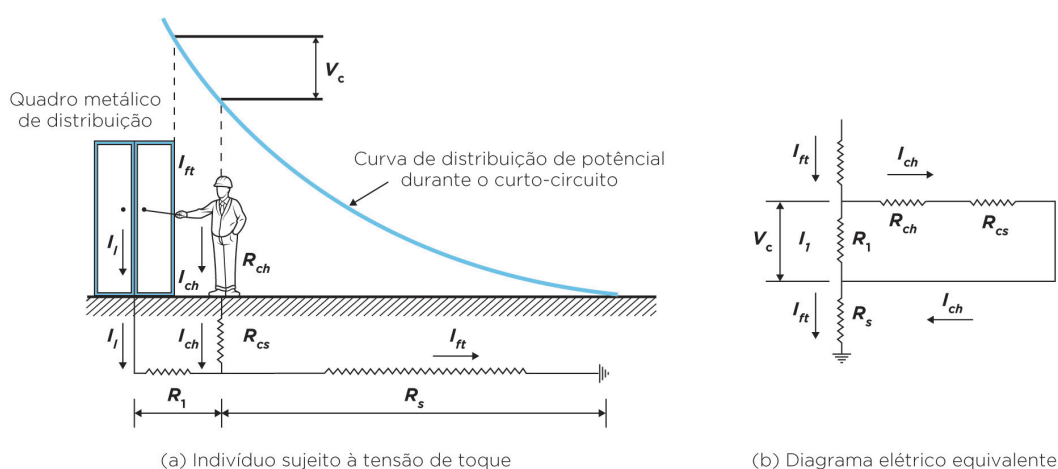
O esquema IT (Figura 1(e)) não possui nenhum ponto de alimentação diretamente aterrado (sistema isolado ou aterrado por impedância), estando, no entanto, as massas da instalação diretamente aterradas. As correntes de falta fase massa não são elevadas o suficiente para dar origem a tensões de contato perigosas. Esses sistemas não devem possuir o neutro distribuído pela instalação, sendo obrigatória a utilização de dispositivo supervisor de isolamento (DSI) com alerta sonoro e/ou visual. As massas podem ser aterradas de dois modos:

1. individual (ou por grupos) — proteção igual à de sistemas TT;
 2. coletivamente aterradas — valem as regras do esquema TN. O esquema IT deve ser restrito às seguintes aplicações:
- suprimento de instalações industriais de processo contínuo em que a continuidade da alimentação seja essencial, com tensão de alimentação igual ou superior a 380 V, com atendimento obrigatório das seguintes condições:

- o neutro não é aterrado;
 - existe detecção permanente de falta para a terra;
 - a manutenção e a supervisão ficam a cargo de pessoal habilitado.
- suprimento de circuitos de comando, cuja continuidade seja essencial, alimentados por transformador isolador, com tensão primária inferior a 1 kV, com atendimento obrigatório das seguintes condições:
 - detecção permanente de falta para a terra;
 - manutenção e supervisão a cargo de pessoal habilitado;
 - circuitos isolados de reduzida extensão, em instalações hospitalares, onde a continuidade da alimentação e a segurança dos pacientes seja essencial;
 - alimentação exclusiva de fornos industriais;
 - alimentação de retificadores dedicados a acionamentos de velocidade controlada.

Tensão de contato ou de toque

É aquela a que está sujeito o corpo humano quando em contato com partes metálicas (massa) acidentalmente energizadas. A Figura 2(a) mostra as condições de um indivíduo submetido a uma tensão de toque. A Figura 2(b) mostra o esquema elétrico correspondente.



I_{ft} - corrente de curto-circuito fase e terra

I_{ch} - corrente de choque

R_{ch} - resistência do corpo humano

R_s - resistência do solo

R_{cs} - resistência de contato resultante de cada pé com o solo

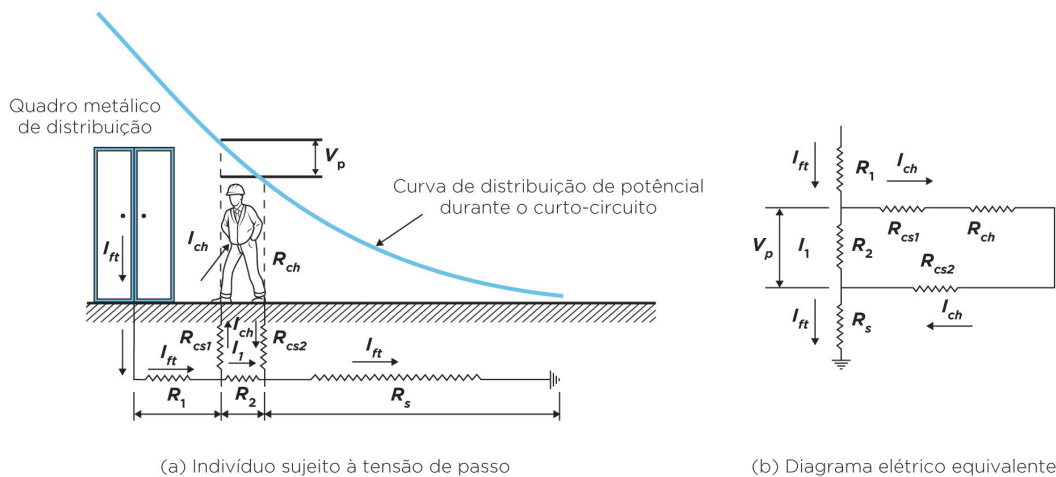
V_c - tensão de contato

Figura 2 - Tensão de toque

Tensão de Passo

Quando um indivíduo se encontra no interior de uma malha de terra e por meio desta está fluindo, naquele instante, determinada corrente de defeito, fica submetido a uma tensão entre os dois pés, conforme se pode observar na **Figura 3(a)**. A **Figura 3(b)** mostra o circuito elétrico correspondente.

Cabe salientar que a corrente elétrica, quando injetada no solo, por eletrodos ou diretamente por descarga atmosférica, se dispersa em forma de arcos com o centro no local de penetração, podendo provocar uma tensão de passo ΔV_p , conforme ilustra a **Figura 3**, para o caso de uma descarga atmosférica. ■



R_{cs1} - resistência de contato do pé direito	I_{ch} - corrente de choque	V_p - tensão de passo
R_{cs2} - resistência de contato do pé esquerdo	R_{ch} - resistência do corpo humano	
I_{ft} - corrente de curto-circuito fase e terra	R_s - resistência do solo	

Figura 3 - Tensão de passo

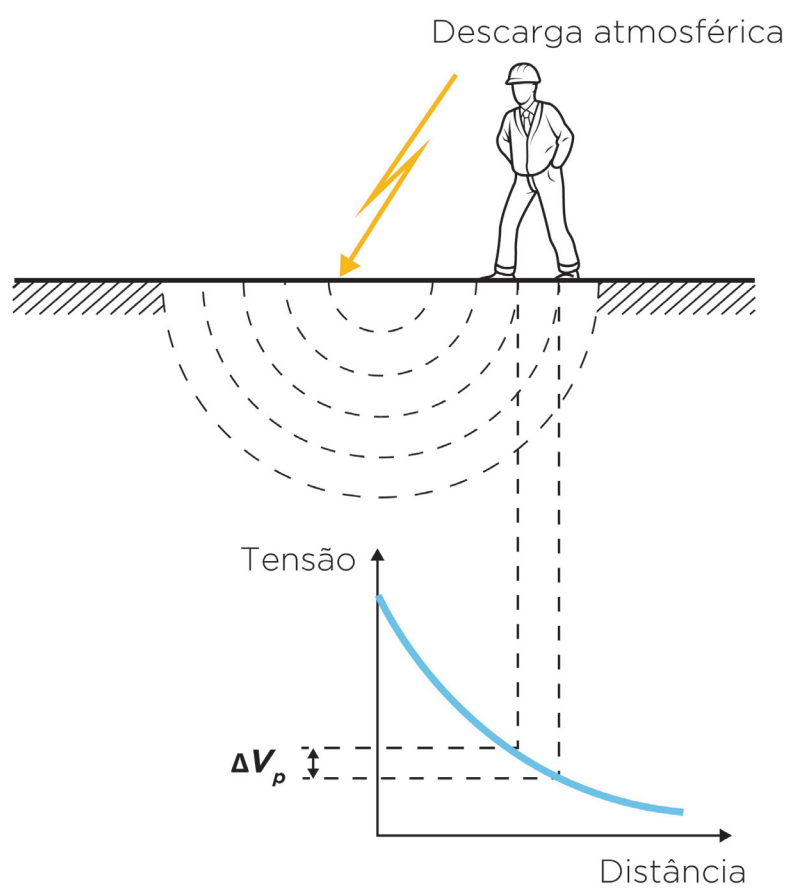


Figura 4 - Tensão de passo por raio

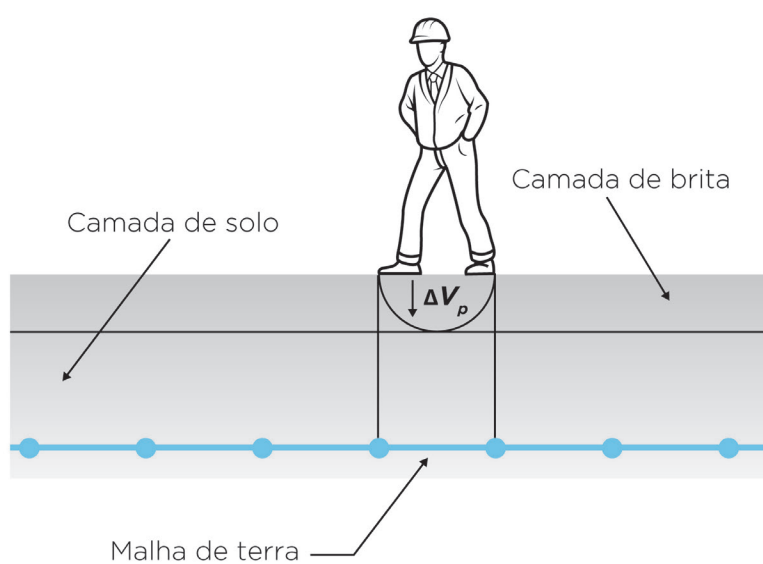


Figura 5 - Indivíduo sobre uma malha de terra

2

Eletrodos de Aterramento

O eletrodo de aterramento pode ser constituído por um único elemento ou por um conjunto de elementos. O termo tanto se aplica a uma simples haste enterrada quanto a várias hastes enterradas e interligadas e, ainda, a outros tipos de condutores em diversas configurações.

Um eletrodo deve oferecer, para diversos tipos de corrente (faltas para a terra, descargas atmosféricas, eletrostáticas, de supressores de surto etc.), um percurso de baixa impedância para o solo. A eficiência do aterramento é caracterizada, em princípio, por uma baixa resistência. Na realidade, o fenômeno depende de muitos fatores, sobretudo da resistividade do solo, estendida a todo o volume de dispersão, que representa a maior incógnita por ser bastante variável segundo a natureza do terreno, a umidade, a quantidade de sais dissolvidos e a temperatura (quanto maior a resistividade do terreno, maior a resistência de aterramento, mantidas as demais condições).

Devido à incerteza e à dificuldade na obtenção dos dados, é suficiente que o dimensionamento do aterramento forneça, no mínimo, as seguintes indicações:

- os materiais a serem utilizados;
- a geometria do eletrodo;
- a localização no terreno.

A resistência de aterramento de instalações de baixa tensão deve ser, se possível, inferior a $10\ \Omega$, o que pode ser obtido pela interligação de eletrodos radiais ou em anel, admitindo-se também configurações mistas. Esse valor de 10 é apenas referencial. A NBR 5419:2005 enfatiza esse aspecto. O valor da resistência de aterramento é importante, porém o estabelecimento de equipotencialidade é essencial. Em muitas situações, a combinação de solo de elevada resistividade e a pouca disponibilidade de área para o lançamento do aterramento torna impossível a obtenção de resistências inferiores a 10 (por exemplo, no caso de estações de telecomunicações no topo de morros).

O item 6.4.1.1.1 da NBR 5410:2004 estabelece que, quando o aterramento pelas fundações não for praticável, o eletrodo de aterramento deve ser no mínimo constituído por um anel, complementado por hastes verticais, circundando o perímetro da edificação.

O item 6.4.1.1.4 da NBR 5410:2004 estabelece que não devem ser usadas como eletrodo de aterramento canalizações metálicas de fornecimento de água e outros serviços, o que não exclui a ligação equipotencial destas à barra de aterramento principal (BEP).

Podemos utilizar diversos tipos de eletrodos de aterramento, dentre os quais podemos destacar:

- condutores nus;
- hastes, cantoneiras ou tubos;
- fitas ou cabos de aço;
- ferragens do concreto armado.

Tipos de Eletrodos de Aterramento

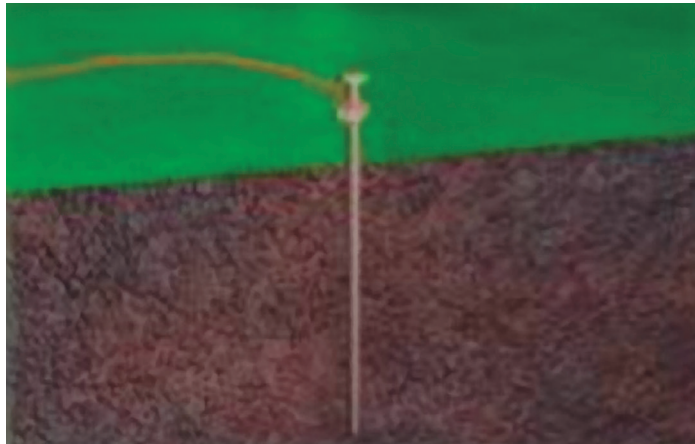
TIPO DE ELETRODO	DIMENSÕES MÍNIMAS	OBSERVAÇÕES
Tubo de aço zincado	2,40 m de comprimento e diâmetro nominal de 25 mm	Enterramento totalmente vertical
Perfil de aço zincado	Cantoneira de (20 mm x 20 mm x 3 mm) com 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de aço zincado	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de aço revestida de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Fita de cobre	25 mm ² de seção, 2 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m / Largura na posição vertical
Fita de aço galvanizado	100 mm ² de seção, 3 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m / Largura na posição vertical
Cabo de cobre	25 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m / Posição horizontal
Cabo de aço zincado	95 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m / Posição horizontal

Na figura a seguir, podemos observar uma haste de aterramento cobreada (254 micra) de 5/8" com 2,4 m de comprimento.



Haste tipo Copperweld 5/8" x 2,4 m; alta camada (254 micra) - NBR 13571

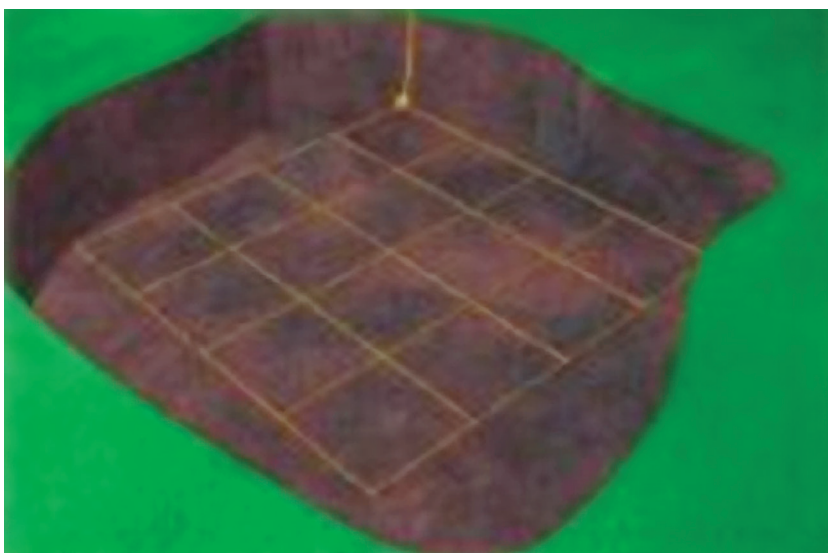
Exemplos de ligação ao solo:



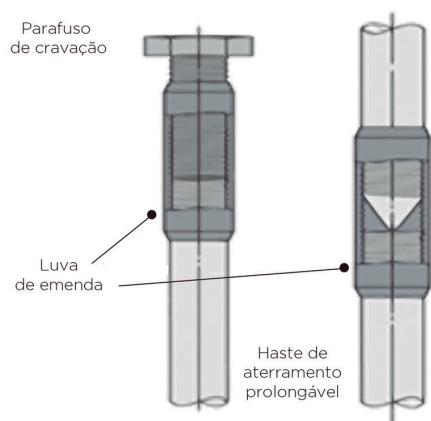
Uma haste simples



Eletrodos em paralelo



Malha de aterramento



Hastes com prolongamento

Ligações de aterramento

O item 6.4.2.1.3 da NBR 5410:2004 estabelece que, em qualquer instalação, deve ser previsto um terminal ou uma BEP, que deve localizar-se na edificação, podendo ser a ele ligados os seguintes condutores:

- condutor de aterramento (que interliga o eletrodo de aterramento à BEP);
- condutores de proteção principais (PE);
- condutores de equipotencialização principais;

- condutores terra paralelos (PEC);
- condutor neutro, se o aterramento deste for previsto neste ponto;
- barramento de equipotencialização funcional, se necessário;
- condutores de equipotencialização ligados a eletrodos de aterramento de outros sistemas (por exemplo, SPDA);

Tabela 2 – Resistividade do solo

NATUREZA DOS SOLOS	RESISTIVIDADE (OHM · M)	
	MÍNIMA	MÁXIMA
Solos alagadiços e pantanosos	-	30
Lodo	20	100
Húmus	10	150
Argilas plásticas	-	50
Argilas compactas	100	200
Terra de jardins com 50 % de umidade	-	140
Terra de jardins com 20 % de umidade	-	480
Argila seca	1.500	5.000
Argila com 40 % de umidade	-	80
Argila com 20 % de umidade	-	330
Areia com 90 % de umidade	-	1.300
Areia comum	3.000	8.000
Solo pedregoso nu	1.500	3.000
Solo pedregoso coberto com relva	300	500

A Figura 6 apresenta um esquema de ligação equipotencial para a utilização em instalações prediais

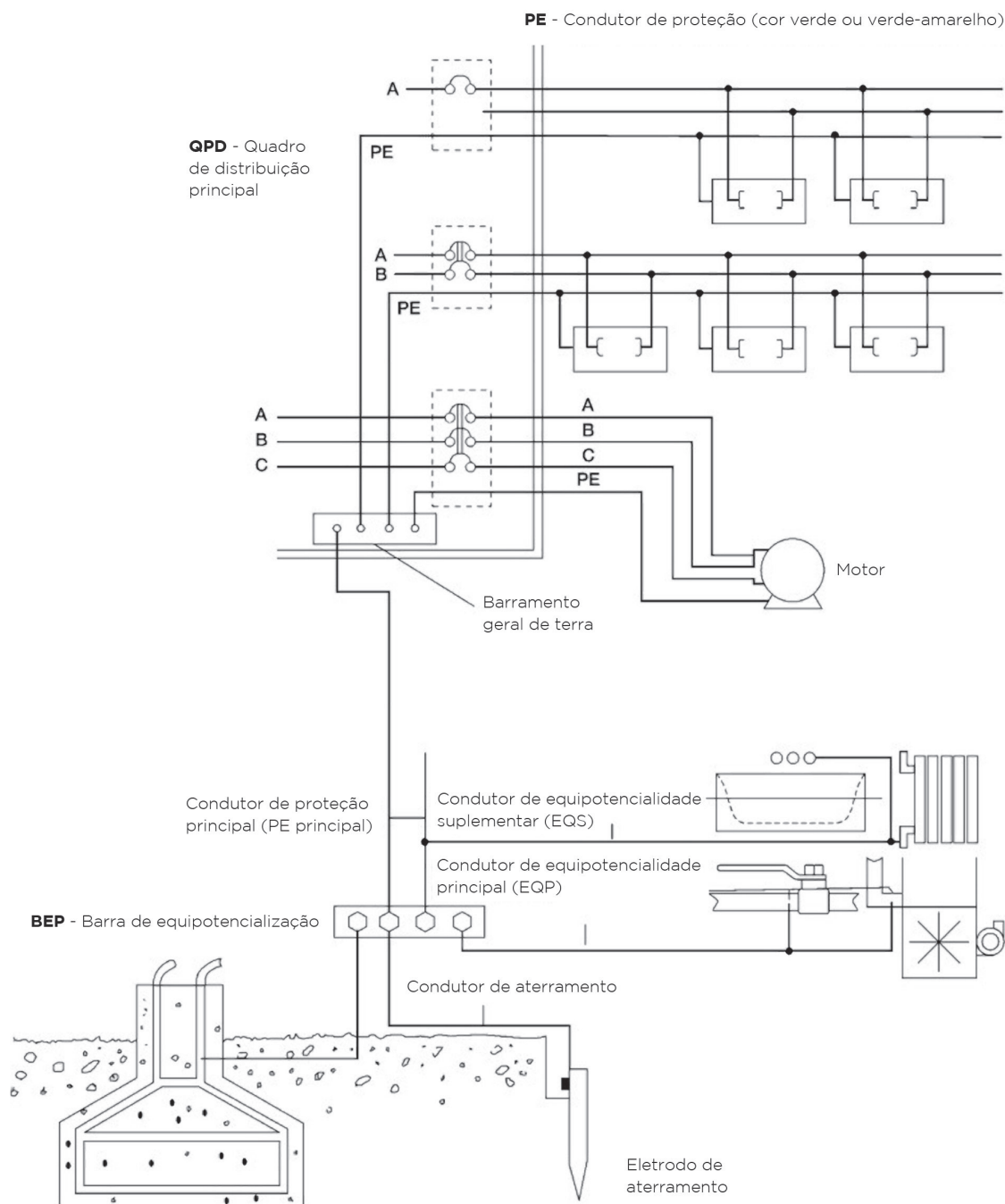


Figura 6 - Descrição dos componentes de aterramento de acordo com a NBR 5410:2004

Condutor de Proteção

O condutor de proteção tem por função o aterramento das massas metálicas de equipamentos elétricos. O seu dimensionamento visa à proteção de pessoas contra choques elétricos devido a contatos indiretos – ou seja, o toque na carcaça de um equipamento (ou estrutura metálica anexa) que ficou sob tensão em consequência de uma falha de isolamento interna –, bem como ao desempenho adequado dos dispositivos protetores, sejam por sobrecorrente (fusíveis e disjuntores) ou a corrente diferencial residual (interruptor ou disjuntor DR).

A seção mínima do condutor de proteção pode ser determinada em função da seção dos condutores fase do respectivo circuito, contanto que os condutores em questão sejam constituídos do mesmo material, conforme indicado na Tabela 3. Para isso, deve-se escolher o condutor de maior área das duas alternativas de dimensionamento. ■

Tabela 3 – Seção mínima do condutor de proteção (mm^2) em função da seção do condutor fase (Tabela 58 da NBR 5410:2004)

CONDUTOR FASE	CONDUTOR DE PROTEÇÃO
$S < 16$	S
$16 < S < 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Conectores para Haste/Malha de Terra



Instrumento de Medição de Resistência de Terra



Terrômetro de três hastes



Terrômetro de 4 hastes

unidade

12

Disjuntor e Interruptor Diferencial Residual (DR)

1

Modelos e Sistemas de Instalação



Os estudos iniciais sobre proteção por interrupção de corrente de fuga começaram na década de 1920. Após muitos testes, foi admitida, em 1958, como medida de proteção contra tensões de contato muito altas, conforme determina a norma VDE 010 - Normas de equipamentos de tensão até 1.000 V. Já neste período, reconheceu-se o alto valor de proteção da interrupção da corrente de fuga, que aumentou consideravelmente com a introdução de interruptores de proteção ou disjuntores diferenciais com uma corrente nominal de fuga de 30mA a 500mA. Com isso, não se consegue somente alta proteção em contato indireto, mas também alta proteção de vidas humanas em contato direto com partes que conduzem corrente elétrica.

Os disjuntores diferenciais exercem múltiplas funções, pois, além de realizarem proteção dos condutores contra sobrecorrentes, garantem a proteção das pessoas contra choques elétricos e a proteção dos locais contra incêndios, nas condições descritas pela Norma Brasileira de Instalações Elétricas, a NBR 5410:2004. Além disso, esses disjuntores são

ideais para controlar o isolamento da instalação, impedindo o desperdício de energia por fuga excessiva de corrente e assegurando a qualidade da instalação.

Os disjuntores ou interruptores diferenciais percebem ou captam a corrente de fuga e se desligam quando ultrapassam a corrente nominal de fuga. Porém, em caso de defeito nas isolações, não somente pode aparecer uma tensão de contato excessivamente elevada, como provocar um incêndio através de um arco voltaico, originado pela corrente do circuito à terra.

A interrupção da corrente de fuga baseia-se no princípio de “vigiar” os circuitos contra essas correntes indesejáveis e altamente prejudiciais às instalações elétricas, ao patrimônio e principalmente aos usuários. Em caso de defeito na isolação, as correntes de fuga passam à fonte de tensão (Figuras 1, 2 e 3)

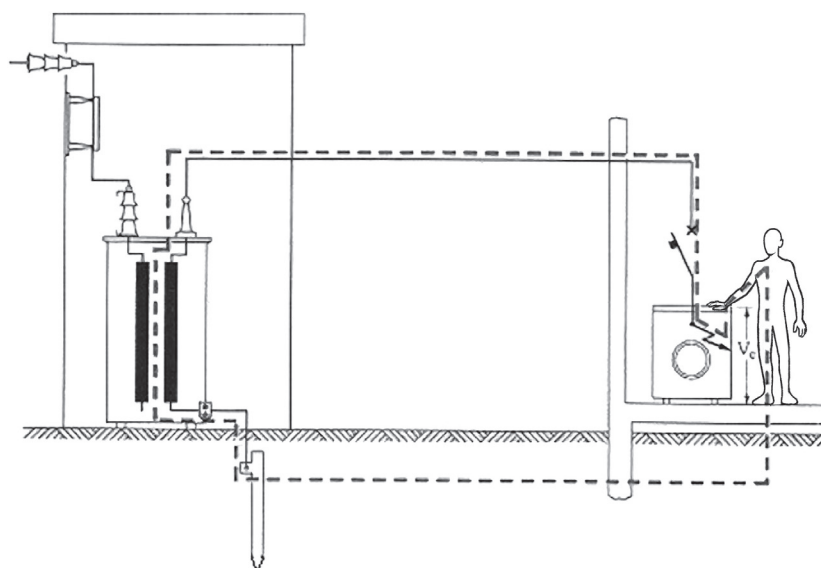


Figura 1 – Nos sistemas TN e TT, a conexão à terra na cabina favorece a recirculação da corrente através do corpo humano, o que torna indispensável a proteção ativa

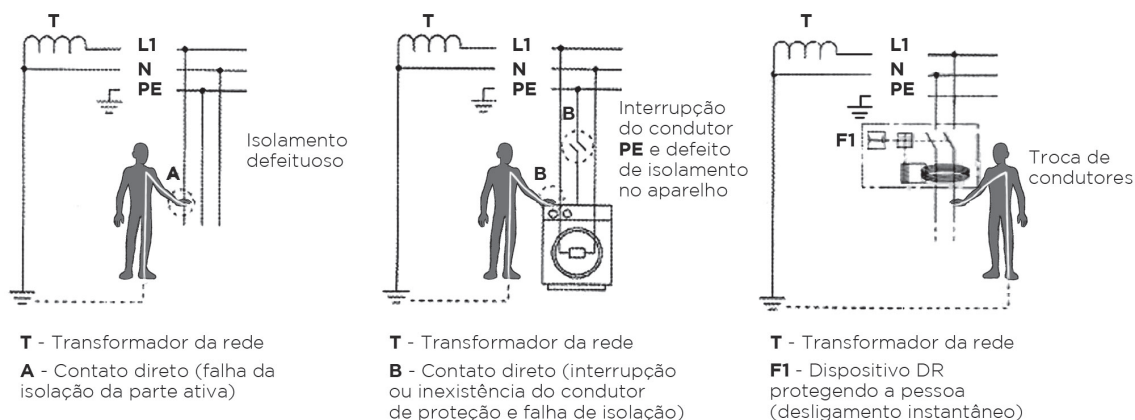


Figura 2 – Exemplos de contatos diretos com partes ativas da instalação

Corrente de Falta

Se uma pessoa tocar as partes ativas de uma instalação, duas resistências são fundamentais para a determinação da corrente de falta à terra:

1. A resistência interna das pessoas (R_M);
2. A resistência da ligação à terra (R_{st})

Em caso de acidente, a situação mais desfavorável consiste em considerar nula a resistência de ligação à terra.

A resistência do corpo humano à passagem da corrente elétrica depende do caminho percorrido pela corrente.

Dois valores podem ser considerados: a resistência entre as mãos ou entre a mão e o pé. O valor médio é de 1.000 ohms. Para uma tensão de falha de 220 VCA, a corrente que circula pelo corpo humano é de 220 mA (110 mA em 110 VCA).

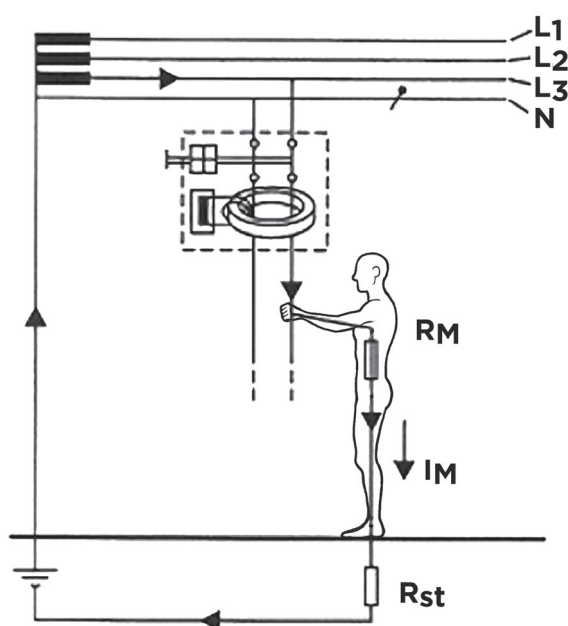
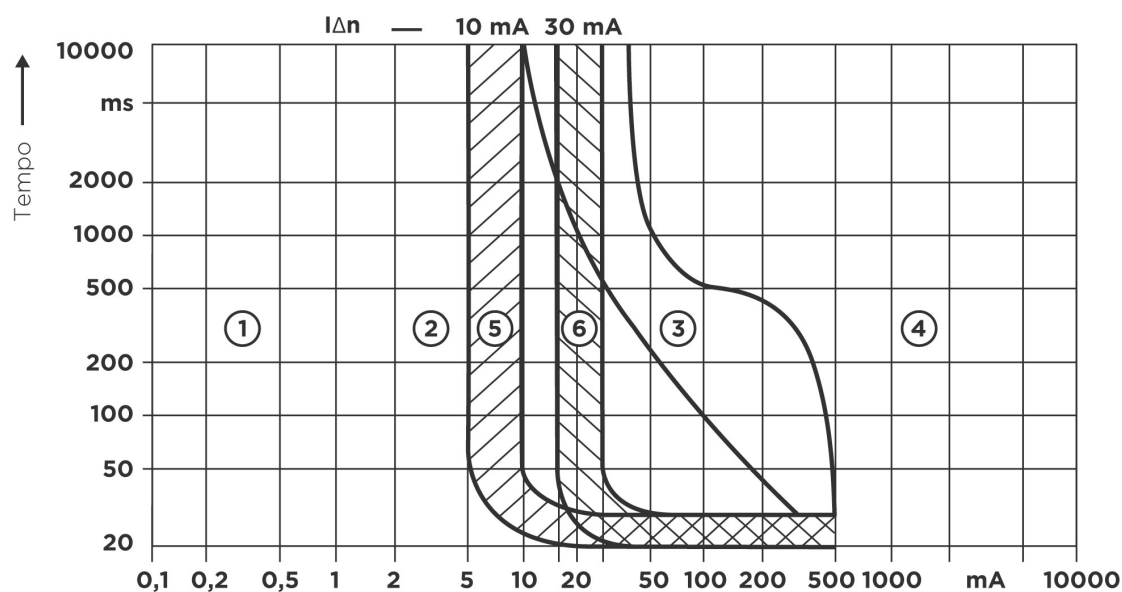


Figura 3 - Esquema de princípio: proteção suplementar contra contatos diretos com partes ativas da instalação.

Reações Fisiológicas

A Figura 4 mostra as zonas tempo/corrente dos efeitos da corrente alternada, bem como as reações fisiológicas sobre as pessoas. Como podemos observar, a zona 4, que é a situação mais crítica, corresponde aos valores tempo e corrente perigosos e pode provocar fibrilações cardíacas e, por consequência, a morte. A curva de disparo dos dispositivos DR de $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ também pode ser vista na figura.

Analisando-a cuidadosamente, observa-se que o dispositivo DR dispara em 30 ms, ou seja, muito antes do tempo determinado pela NBR 5410:2004. Podemos concluir seguramente que os dispositivos DR com corrente de falta nominal de $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ asseguram a proteção das pessoas, mesmo quando a corrente elétrica flui pelo corpo humano, devido a um contato direto com partes ativas da instalação.



Zona 1 - Nenhum efeito perceptível.

Zona 2 - Efeitos fisiológicos geralmente não danosos.

Zona 3 - Efeitos fisiológicos notáveis (parada cardíaca, parada respiratória, contrações musculares).

Zona 4 - Elevada probabilidade de efeitos fisiológicos graves e *irreversíveis* (fibrilação cardíaca, parada respiratória),

Zonas 5 e 6* - Faixas de atuação dos dispositivos DR ou disjuntores DR.

Figura 4 - Zonas tempo x corrente dos efeitos da corrente alternada sobre as pessoas.

* Conforme IEC 1008, o valor máximo da corrente residual de não disparo ($I_{\Delta n0}$) é igual a 0,5 vezes a corrente nominal residual ($I_{\Delta n}$).

Prescrições da NBR 5410:2004 sobre o Uso de DR's

A NBR 5410:2004 estabelece as prescrições mínimas quanto à aplicação dos dispositivos DR. Trata-se de um dispositivo de proteção reconhecidamente mais eficaz na proteção contra choques elétricos que, além de tornar mais seguras e confiáveis as instalações elétricas de baixa tensão, constitui também uma garantia da “qualidade da instalação”, devido ao fato de que os dispositivos DR não admitem correntes de fuga ou de faltas excessivas, o que contribui para a redução das perdas por efeito joule, o que contribui para a conservação de energia.

A seguir são indicados os itens da NBR 5410:2004 que contêm as prescrições sobre o uso de dispositivos DR:

1. Recomenda-se o uso de dispositivos DR de alta sensibilidade ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) como medida adicional na proteção contra contatos diretos.
2. Recomenda-se o uso de DRs na proteção contra contatos indiretos em instalações com esquema TN, quando não puder ser cumprida a condição de proteção.
3. No esquema TN, podem ser usados os seguintes dispositivos na proteção contra contatos indiretos:
 - dispositivos de proteção a sobrecorrentes;
 - dispositivos de proteção a corrente diferencial residual (dispositivo DR).
4. Recomenda-se a utilização de dispositivos DR de alta sensibilidade $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ na proteção de circuitos terminais que sirvam (Instalação TN) a:
 - tomadas de corrente em cozinhas, lavanderias, locais com pisos e/ou revestimentos não isolantes (BC3) e áreas externas;
 - tomadas de corrente que, embora instaladas em áreas internas, possam alimentar equipamentos de uso em áreas externas e
 - aparelhos de iluminação instalados em áreas externas.

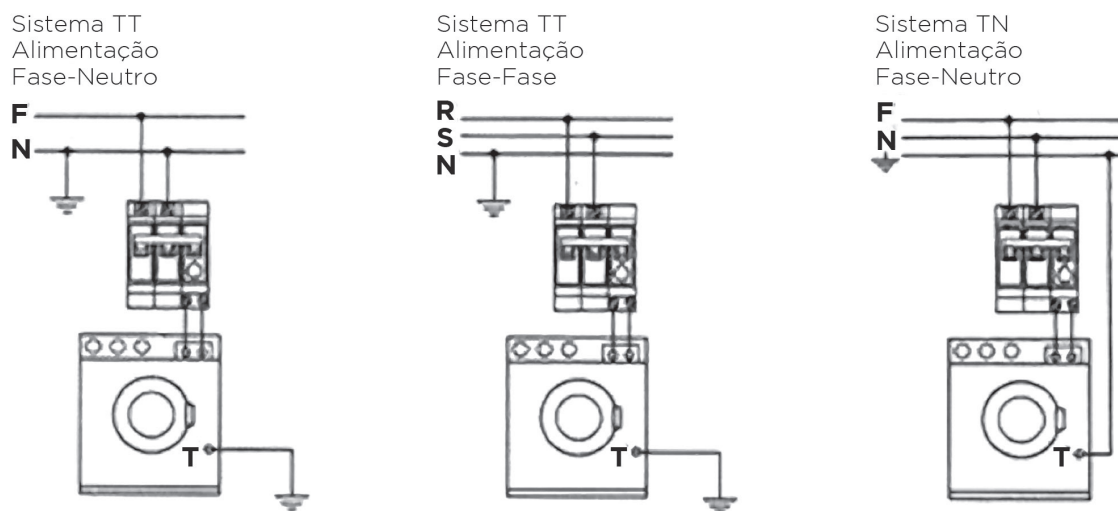


Figura 5 - Proteção de aparelhos individuais de sistemas TI e TN

Nota

A proteção dos circuitos terminais pode ser realizada individualmente ou por grupos de circuitos.

5. O dispositivo DR de baixa sensibilidade $I_{\Delta N} \leq 30$ mA é reconhecido como proteção adicional contra choques elétricos (5.1.3.2 .1.1).
6. O uso do dispositivo DR visa situações como as de falha de outros meios de proteção e de descuido ou imprudência do usuário (nota de 5.1.3.2.1.1).
7. O dispositivo DR não é reconhecido como uma medida de proteção completa. Não podem ser dispensadas medidas de proteção adicionais, tais como equipotencialização e seccionamento automático de alimentação (5.1.2.2) e uso de extrabaixa tensão: SELVe PELV (5.1.2.5) - (5.1.3.2.1.2).
8. Obrigatoriedade do uso do dispositivo diferencial residual de alta sensibilidade (DR) - (5.1.3.2.2)

Além dos locais que contenham banheira ou chuveiro, qualquer que seja o esquema de **aterramento**, devem possuir proteção DR de alta sensibilidade $I_{\Delta N} \leq 30$ mA:

- a) os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais com banheira ou chuveiro.
- b) os circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação.
- c) os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior.
- d) os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.
- e) os circuitos que, em edificações não residenciais, sirvam a pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

Notas: 1: No que se refere a tomadas de corrente, a exigência de proteção adicional por DR se aplica às tomadas com corrente nominal de até 32 A. 2. A exigência não se aplica em esquema IT, visando garantir

a continuidade do serviço e por questões de segurança, tais como: na alimentação de salas cirúrgicas ou de serviços de segurança. 3. Admite-se a exclusão, na alínea d, dos pontos de iluminação posicionados a uma altura igual ou superior a 2,5 m. 4. Se houver a possibilidade do desligamento eventual de congeladores, na hipótese da ausência de pessoas por períodos prolongados, e que isso possa acarretar perdas ou consequências sanitárias relevantes, recomenda-se que as tomadas de corrente sejam protegidas por dispositivo DR de alta imunidade a perturbações transitórias. 5. A proteção dos circuitos pode ser realizada individualmente, por ponto de utilização ou por circuitos ou por grupo de circuitos.

9. Prescrições relativas ao uso do dispositivo DR nos esquemas TN, TI e IT (6.3.3.1).
10. O uso do dispositivo DR não dispensa, em nenhuma hipótese, o uso de condutor de proteção. Todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão (nota de 6.3.3.2).
11. Em circuitos de corrente contínua só devem ser usados DR capazes de detectar correntes diferenciais residuais contínuas. E deve ser capaz de desligar tanto em condições normais quanto em situações de falta (6.3.3.2.1). Neste caso, deve-se utilizar dispositivo DR do tipo B.
12. Em circuitos de corrente alternada nos quais a corrente de falta possui uma componente contínua. Neste caso deve-se utilizar dispositivo DR tipo A (6.3.3.2.2 e nota).
13. Em circuitos de corrente alternada nos quais não se preveem correntes de falta que não sejam senoidais. São exemplos de dispositivos DR capazes de detectar correntes diferenciais residuais senoidais, apenas os dispositivos DR do tipo AC (6.3.3.2.3 e nota)

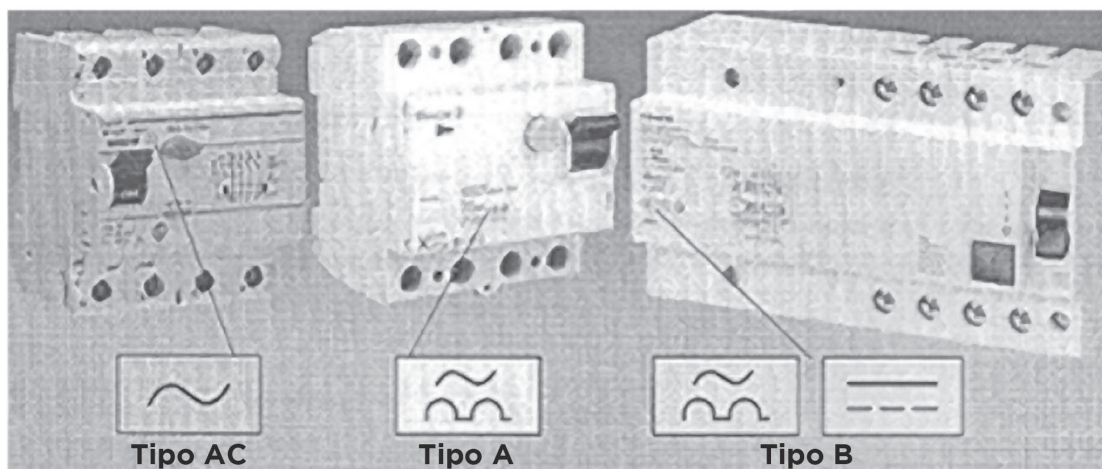


Figura 6 - No DR do tipo AC detecta apenas correntes residuais alternadas; o tipo A é sensível a correntes alternadas e correntes contínuas pulsantes (c. a. retificada) e o tipo B é sensível a correntes contínuas puras (lisas), correntes contínuas pulsantes e correntes alternadas.

14. Associação entre dispositivos de proteção a corrente diferencial residual (DR) e dispositivo de proteção contra sobrecorrentes (6.3.7.2).
15. Método de ensaio do DR (Anexo H da NBR 5410:2004, páginas 200 e 201).

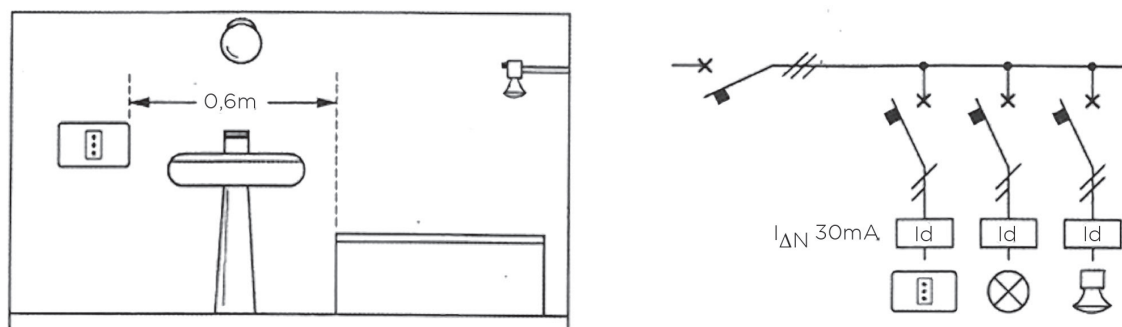


Figura 7 - Utilização de DRs na proteção de ambientes especiais

16. No volume 3, são admitidas apenas tomadas de corrente, desde que elas sejam:
 - a) alimentadas individualmente por transformador de separação (5.1.3.5); ou
 - b) alimentadas em extrabaixa tensão de segurança (5.1.1.1); ou
 - c) protegidas por um dispositivo da corrente diferencial-residual (DR) de alta sensibilidade ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) - (9.1.4.3.2).

17. Utilização de dispositivo DR de alta sensibilidade ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) na proteção de aquecedores elétricos classe I ou II, no volume 1 (9.1.4.4.2).
18. Utilização de DR ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) na proteção de aquecedores de água e luminárias classe I ou II, no volume 2 (9.1.4.4.3).
19. Utilização de DR ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) na proteção de circuitos em eletroduto metálico embutidos no volume 3 (9.1.4.2.3).
20. Utiliza-se DR ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) na proteção de instalação de tomadas de corrente fora do volume 1, em pequenas piscinas (9.2.4.3.2).
21. Utiliza-se DR ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) na proteção de tomadas de corrente e interruptores no volume 2 (9.2.4.3.3).

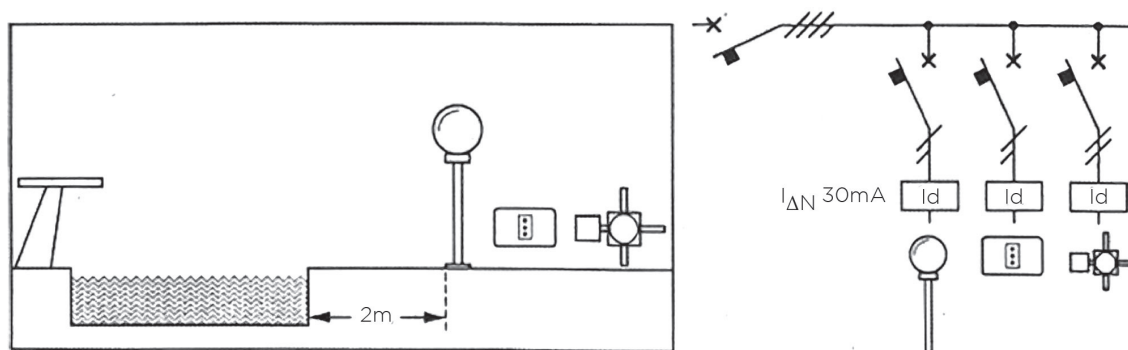


Figura 8 - Proteção em ambientes especiais, como piscinas.
Cortesia: Bticino

Terminologia

Contato Direto

É o contato acidental, seja por falha de isolamento, por ruptura ou remoção indevida de partes isolantes, ou então por atitude imprudente de uma pessoa com uma parte elétrica normalmente energizada (parte viva).

Contato Indireto

É o contato entre uma pessoa e uma parte metálica de uma instalação ou componente, normalmente sem tensão, mas que pode ficar energizada por falha de isolamento ou por uma falha interna.

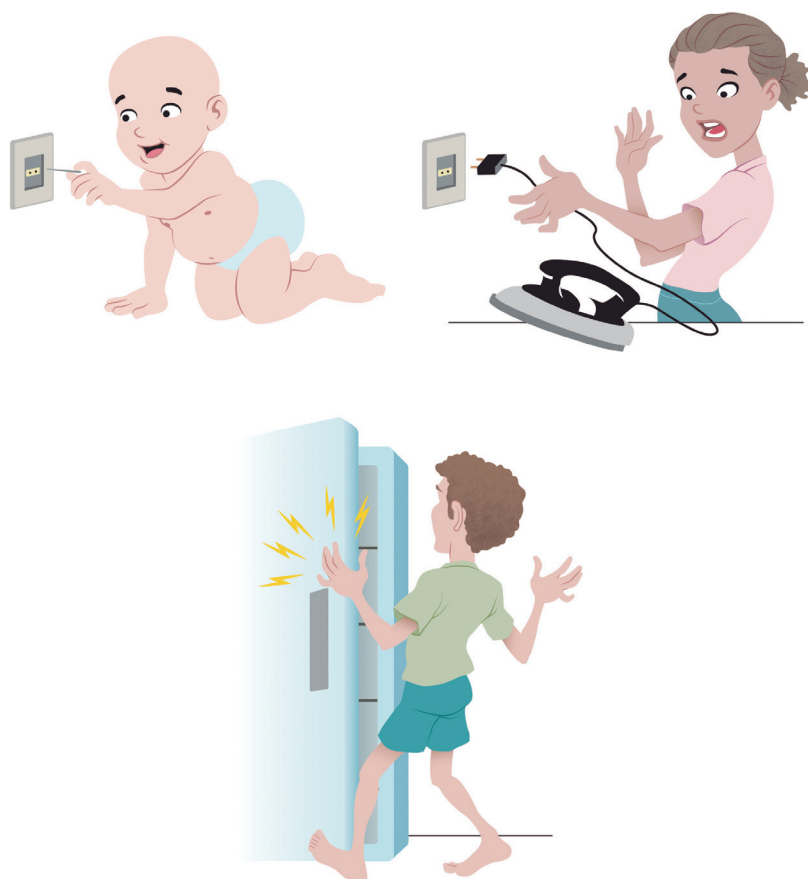


Figura 9 - Situações em que uma pessoa pode ficar sujeita a contato direto ou indireto com uma instalação

Corrente de Fuga (de uma Instalação ou de Parte de uma Instalação)

Corrente que, na ausência de falta, flui para terra ou para elementos condutores estranhos à instalação.

Funcionamento do Dispositivo DR

As bobinas principais (P) são enroladas sobre o núcleo magnético de modo a determinar, quando atravessadas pela corrente I , dois fluxos magnéticos iguais e opostos, de modo que, em condições normais de funcionamento, o fluxo resultante seja nulo.

A bobina secundária (B) é ligada ao relé polarizado. Se a corrente diferencial residual (isto é, a corrente que flui para a terra) for superior ao limiar de atuação ID_N , a bobina secundária enviará

um sinal suficiente para provocar a abertura do relé polarizado e, portanto, dos contatos principais.

Para verificar as condições de funcionamento do dispositivo, deve-se acionar o botão de prova (T); assim, cria-se um “desequilíbrio” de corrente tal que provoca a atuação do dispositivo diferencial e a consequente abertura dos contatos principais.

Ausência de falta para terra

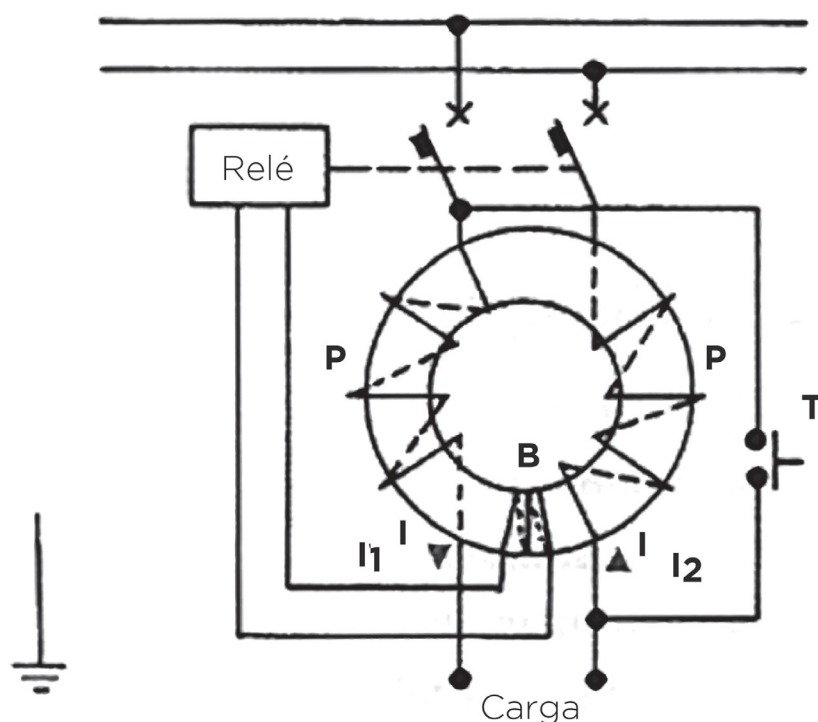


Figura 10 - Princípio de funcionamento elétrico dos disjuntores e interruptores DR

Resumo Quanto à Utilização dos DRs

Os interruptores ou disjuntores diferenciais residuais devem ser utilizados para proteção:

- a) das partes metálicas conectadas à terra que se tomem vivas;
- b) de pessoas ou animais domésticos contra contatos acidentais com partes vivas da instalação elétrica;
- c) contra perigos de incêndio devido a faltas à terra;
- d) contra a presença de faltas à terra provocada por aparelhos eletrodomésticos ou instalações elétricas em más condições de conservação;

e) em locais de grande concentração de umidade, como, por exemplo, banheiros, áreas de serviço, cozinhas e piscinas, o perigo de eletrocussão é gravíssimo; de fato, a imersão na água reduz a resistência que usualmente limita a corrente que atravessa o corpo humano. Portanto, todo cuidado deve ser tomado com a proteção nesses ambientes. Todas as tomadas de corrente devem ser instaladas distantes d'água e devem ser protegidas com um disjuntor ou interruptor diferencial de alta sensibilidade.

Atenção: Torneiras elétricas e chuveiros com cargas metálicas e resistência nua apresentam geralmente fuga de corrente muito elevadas, que não permitem que o DR fique ligado. Isso significa que esses equipamentos representam um risco à sua segurança e devem ser substituídos por outros com carcaça plástica ou com resistência blindada.

Instalação do Dispositivo DR

Especificação Técnica

Antes dos procedimentos normais para a instalação de um dispositivo DR, seja ele de qualquer fabricante, deve-se observar as características técnicas desse dispositivo, as quais são:

- a) Corrente nominal - I_n (A);
- b) Corrente diferencial-residual nominal de atuação - $I_{\Delta N}$ (mA);
- c) Tensão nominal - V_n (V);
- d) Capacidade de interrupção - I_{cn} (kA);
- e) Frequência - f (Hz); e
- f) Número de polos - 2 ou 4 polos (bipolar ou tetrapolar).

É em função das características da instalação elétrica que se especifica o dispositivo DR mais adequado, ou seja, “a corrente nominal (I_n) do DR deve ser maior ou igual à corrente de projeto (I_p) no ponto de instalação do dispositivo”.

Quanto à corrente nominal de atuação ($I_{\Delta N}$), se de alta ou baixa sensibilidade, a norma NBR 5410:2004 estabelece os critérios para a sua instalação. Deve-se observar as regras da norma quanto à instalação de dispositivos de alta sensibilidade ($I_{\Delta N} \leq 30$ mA) ou de baixa sensibilidade ($I_{\Delta N} \leq 300$ mA ou $I_{\Delta N} \leq 500$ mA).

Outro item importante que deve ser observado é no que se refere ao número de polos: se o circuito possuir dois condutores vivos

(duas fases ou fase + neutro), utiliza-se, preferencialmente, o dispositivo DR bipolar (pode-se também utilizar o tetrapolar). Para os demais casos (duas fases + neutro; três fases ou três fases + neutro) deve-se utilizar o dispositivo DR tetrapolar.

Instalação do Dispositivo DR

A utilização dos dispositivos DR nas instalações elétricas é o procedimento mais eficaz e simples no que se refere à proteção contra contatos indiretos. Por isso, a sua obrigatoriedade na utilização desse dispositivo em todas as instalações elétricas, conforme determina a norma. É importante dispensar todo cuidado para sua instalação, ou seja: “Todos os condutores vivos devem ser ligados no dispositivo DR, inclusive o neutro”. O condutor neutro deve ser ligado primeiro no dispositivo DR para, em seguida, ser conectado ao barramento de neutro.

Tabelas de Disjuntores e Interruptores Diferenciais Residuais (DRs)

Tabela 1 – Disjuntores diferenciais residuais (DR's/DX) bipolar e tetrapolar

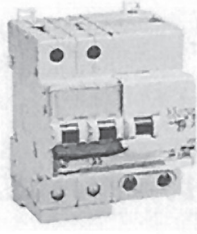
	Número de Polos	$I_{\Delta N}$	Ref.	I_n	Número de Polos	$I_{\Delta N}$	Ref.	I_n
	Bipolar 230/400V~ Poder de desligamento 10 kA IEC 947-2	30 mA	079 19	16	Tetrapolar 400V~ Poder de desligamento 10 kA IEC 947-2	30 mA	080 09	16
			079 20	20			080 10	20
			079 21	25			080 11	25
			079 22	32			080 12	32
			079 29	40			080 13	40
			079 30	50			080 14	50
			079 31	63			080 15	63
	Bipolar 230/400V~ Poder de desligamento 10 kA IEC 947-2	300 mA	079 46	16	Tetrapolar 400V~ Poder de desligamento 10 kA IEC 947-2	300 mA	080 27	16
			079 47	20			080 28	20
			079 48	25			080 29	25
			079 49	32			079 30	32
			079 50	40			079 31	40
			079 51	50			079 32	50
			079 52	63			079 33	63

Tabela 2 – Disjuntores e Interruptores Diferenciais Residuais (DR's/DX) bipolar e tetrapolar

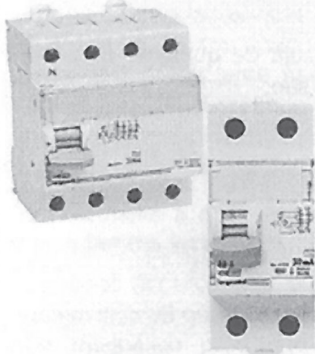
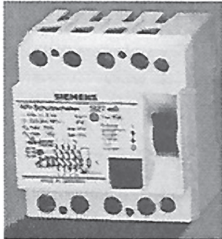

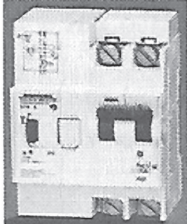
	Número de Polos	$I_{\Delta N}$	Ref.	I_n	Número de Polos	$I_{\Delta N}$	Ref.	I_n
	Bipolar 230V~	30 mA	086 28 086 29 086 30 086 31	25 40 63 80	Tetrapolar 400V~	30 mA	086 93 086 94 086 95 086 96	25 40 63 80
	Bipolar 230V~	300 mA	086 46 086 47 086 48 086 49	25 40 63 80	Tetrapolar 400V~	300 mA	087 11 087 12 087 13 087 14	25 40 63 80

Tabela 3 – Dispositivos DR Siemens

	Referência	$I_{\Delta N}$ (A)	2 polos	Referência	$I_{\Delta N}$ (A)
			 		
	5SZ3 446*	40		5SU3 883-0X*	10
	5SZ3 466*	63		5SU3 883-1X*	16
	5SZ3 473*	125		5SU3 883-2X*	20
				5SU3 883-3X*	25
	5SZ7 466**	63			
	5SZ7 473**	125			
				5SU33264-IBK16*	15
				5SU33264-IBK20*	20
				5SU33264-IBK25*	25
				5SU33264-IBK32*	32

* $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ ** $I_{\Delta N} \leq 500 \text{ mA}$

unidade

13

Dispositivo de
Proteção contra
Surto (DPS)

1

DPS

A NBR 5410:2004, item 6.3.5, estabelece as prescrições para o uso e localização dos DPS. É um dispositivo de proteção contra sobretensões transitórias (surto de tensão), “anulando as descargas indiretas na rede elétrica causadas por descargas atmosféricas”.



DPS Tetrapolar



DPS para sinal



DPS Unipolar L/N



DPS Unipolares de linha

A finalidade da utilização dos DPS visa, sobretudo à segurança e à saúde das pessoas.

Seleção dos DPS

Os DPS devem atender à IEC 61643-1 e ser selecionados com base nas seguintes características:

- nível de proteção;
- máxima tensão de operação contínua;
- suportabilidade a sobretensões temporárias;
- corrente nominal de descarga e/ou corrente de impulso;
- suportabilidade à corrente de curto-circuito.

Os componentes da instalação devem ser selecionados de modo que o valor nominal de sua tensão de impulso suportável não seja inferior àqueles indicados na Tabela 1.

Tabela 1 - Suportabilidade a impulso exigível dos equipamentos da instalação (Tabela 31 da NBR 5410:2004)

TENSÃO NOMINAL DA INSTALAÇÃO (V)		TENSÃO DE IMPULSO SUPORTÁVEL REQUERIDA (KV)			
		CATEGORIA DO PRODUTO			
Sistemas trifásicos	Sistemas monofásicos com neutro	Produto a ser utilizado na entrada da instalação	Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais	Equipamentos de utilização	Produtos especialmente protegidos
		CATEGORIA DE SUPORTABILIDADE A IMPULSOS			
		IV	III	II	I
120/208 127/220	115-230 120-240 127-254	4	2,5	1,5	0,8
220/380, 230/400, 277/480	-	6	4	2,5	1,5
400/690	-	8	6	4	2,5

Notas:

1. O anexo E da norma NBR 5410:2004 traz orientações sobre esta tabela.
2. Valores válidos especificamente para seccionadores e interruptores seccionadores são dados na Tabela 2.
3. Para componentes associados a linhas de sinal utilizadas na entrada da instalação (Categoria IV de suportabilidade), a tensão de impulso suportável mínima é de 1500 V (Ver IEC 61663-2).

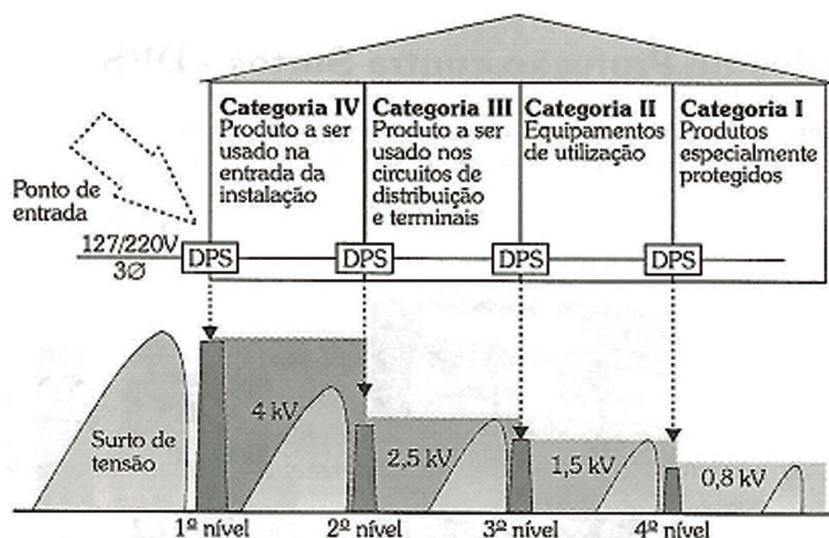


Figura 1 - Exemplo de utilização da Tabela 1, que trata da suportabilidade de impulsos

Tabela 2 - Tensão de impulso suportável em função da tensão nominal (Tabela 50 da NBR 5410:2004)

TENSÃO NOMINAL DA INSTALAÇÃO		TENSÃO DE IMPULSO SU- PORTÁVEL PARA SECCIONA- DORES E SECCIONADORES INTERRUPTORES	
Sistemas trifásicos (V)	Sistemas monofásicos com neutro (V)	Categoria de sobretensões III (kV)	Categoria de sobretensões IV (kV)
-	120 - 240	3	5
220/380, 230/400, 277/480	-	5	8
400/690, 577/1000	-	8	10

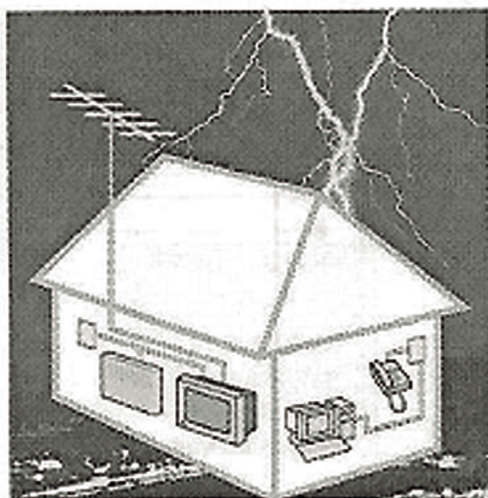
Notas:

1. No que se refere a sobretensões atmosféricas, não é feita distinção entre sistemas aterrados e não aterrados.
2. As tensões de impulso suportável se referem a uma altitude de 2000 m.
3. As categorias de sobretensões, conforme Tabela 1, são explicadas no anexo E (ver NBR 5410:2004, página 195). Os valores de

suportabilidade indicados na Tabela 1 são valores mínimos e de caráter geral, enquanto os desta tabela referem-se especificamente a seccionadores e interruptores seccionadores.

Exemplo de DPS e Utilização

1. **DPS 20 kA:** recomendado como proteção única ou primária em instalações situadas em zonas de exposição a raios classificadas como AQ1 (desprezível). Deve ser instalado no circuito elétrico no qual o equipamento está conectado.
2. **DPS 30 kA:** recomendado como proteção única ou primária em redes de distribuição de baixa tensão situadas em áreas urbanas e densamente edificadas, expostas a raios e classificadas como indiretas (AQ2). Deve ser instalado junto com o quadro de distribuição central de rede elétrica
3. **DPS 45 kA:** recomendado como proteção única ou primária em redes de distribuição de baixa tensão situadas em áreas rurais ou urbanas com poucas edificações, em zonas expostas a raios classificadas como diretas (AQ3) e com históricos frequentes de sobretensão. Deve ser instalado junto com o quadro de distribuição central de rede elétrica.
4. **DPS 90 kA:** recomendado como proteção única ou primária em redes de distribuição de baixa tensão situadas em áreas rurais ou urbanas com poucas edificações, em zonas expostas a raios classificadas como diretas (AQ3) e com histórico de frequência elevada de sobretensões. Deve ser instalado junto com o quadro de distribuição central de rede elétrica. ■

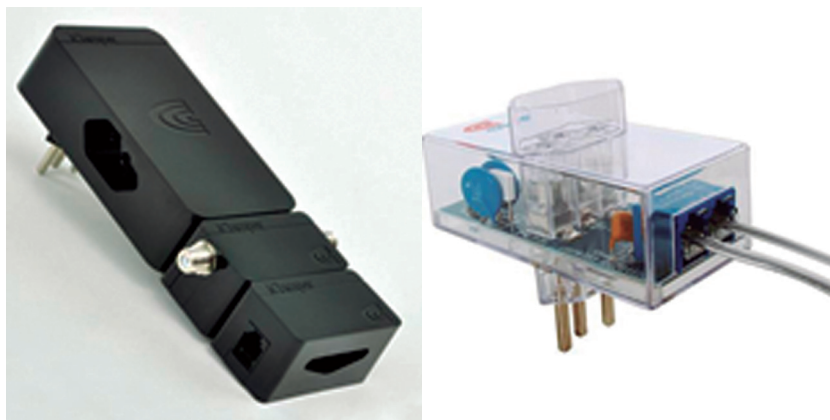


2

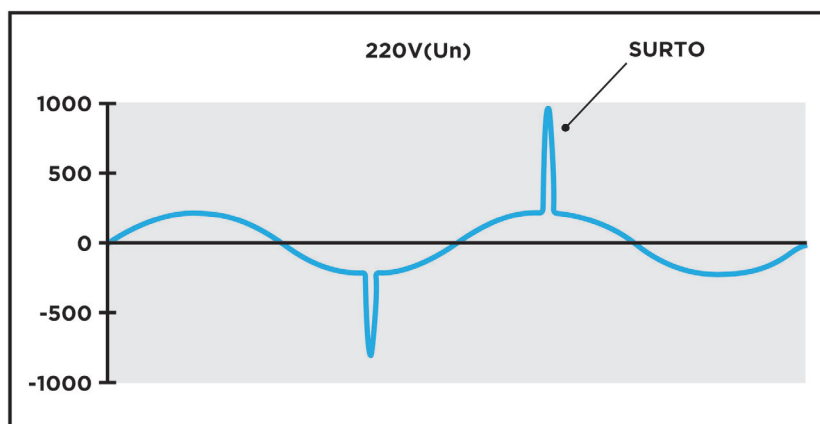
Instalação do DPS

Instalação dos DPS

A NBR 5410:2004, item 6.5.3.2.2, determina que: “na utilização dos DPS instalados junto com o ponto de entrada da linha elétrica na edificação ou no quadro de distribuição principal, o mais próximo possível do ponto de entrada, eles serão dispostos no mínimo como mostra a figura a seguir:



Outros DPS de sinal para proteção individual de aparelhos



Exemplo de Surto de Tensão na onda senoidal da rede elétrica

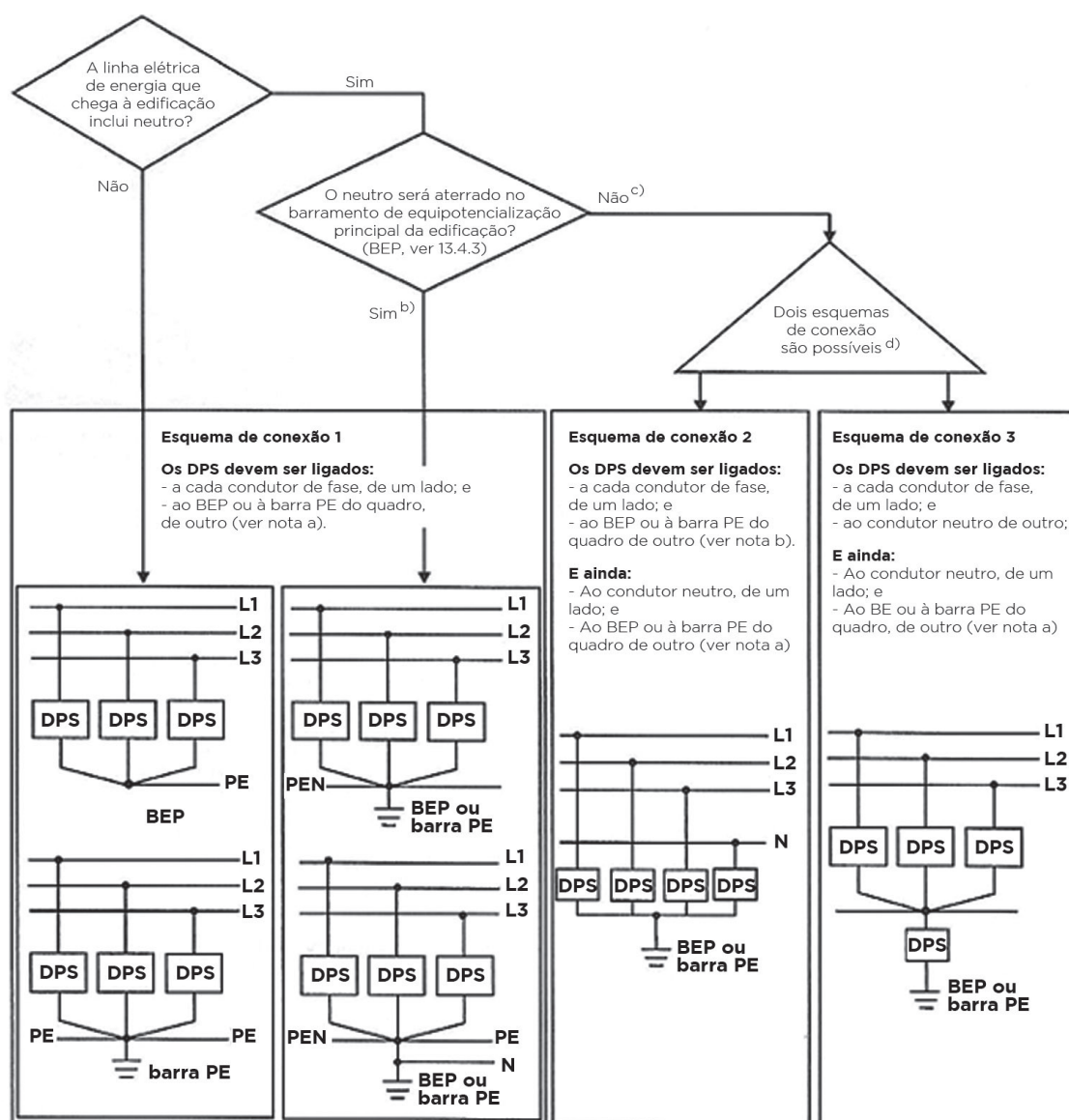


Figura 3 - Esquemas de conexão dos DPS no ponto de entrada da linha de energia ou no quadro de distribuição principal da edificação (Figura 13 da NBR 5410:2004)

Notas:

a) A ligação ao BEP ou à barra PE depende de onde os DPS serão instalados e de como o BEP é instalado, na prática. Assim, a ligação será no BEP quando: o BEP se situar a montante (antes) do quadro de distribuição principal (com o BEP localizado, como *deve* ser, nas proximidades imediatas do ponto de entrada da linha na edificação) e os DPS forem instalados então junto com o BEP, e não no quadro; ou os DPS forem

instalados no quadro de distribuição principal da edificação e a barra PE do quadro acumular a função de BEP. Por esse fato, a ligação será na barra PE, propriamente dita, quando os DPS forem instalados no quadro de distribuição e a barra PE do quadro não acumular a função de BEP.

b) A hipótese configura um esquema que entra TN-C e que prossegue instalação adentro TN-C, ou que entra TN-C e em seguida passa a TN-S (como requer a regra geral na nota 2). O neutro de entrada, necessariamente PEN, *deve* ser aterrado no BEP, direta ou indiretamente. A passagem do esquema TN-C a TN-S, com separação do condutor PEN de chegada em condutor neutro e condutor PE, seria no quadro de distribuição principal (globalmente, o esquema é TN-C-S).

c) É possível para essa configuração três possibilidades de **aterramento**: TI (com neutro), IT com neutro e linha que entra na edificação já em TN-S.

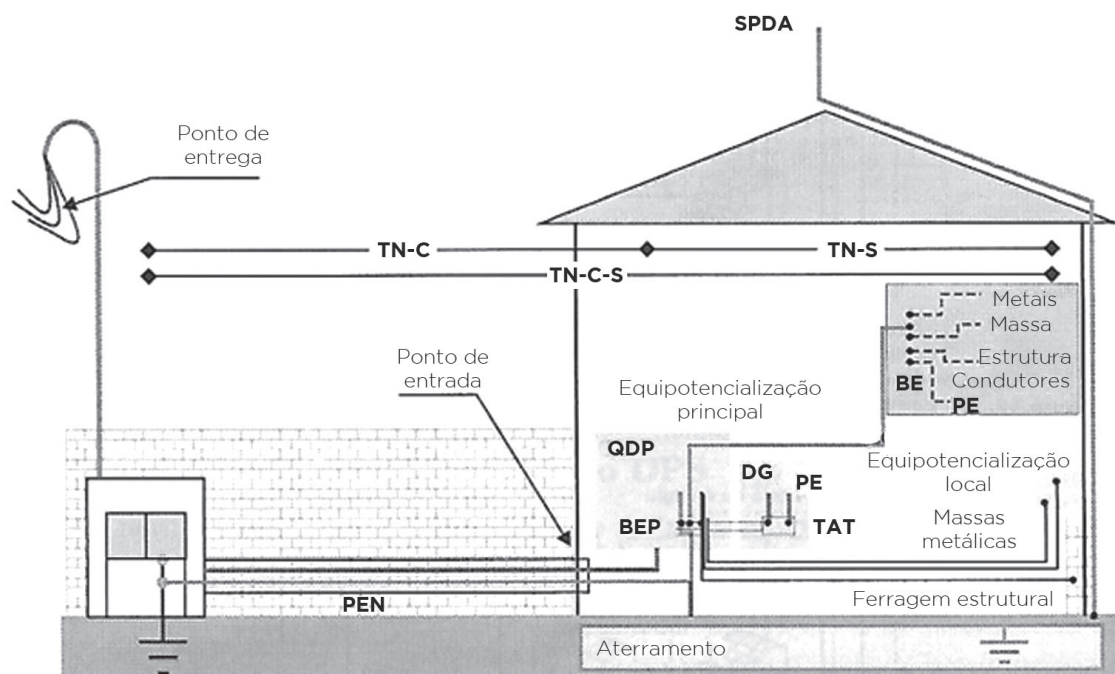


Figura 4 - A figura mostra alguns detalhes com relação ao item b, métodos de aterramento e não necessariamente a instalação dos DPS

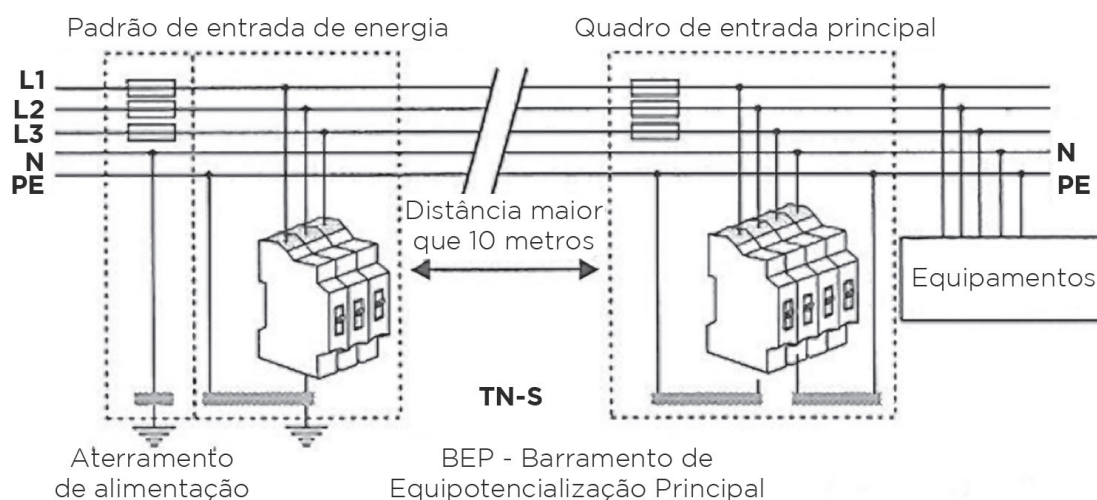


Figura 5 - Esquema de aterramento TN-S: o condutor neutro e o condutor de proteção são separados ao longo de toda a instalação após a origem.

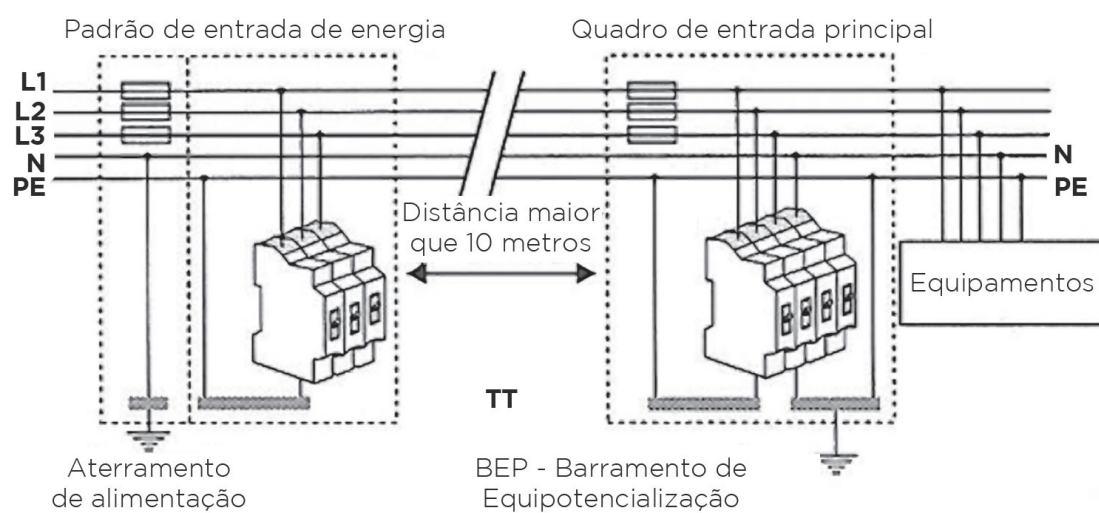


Figura 6 - Esquema de aterramento TT:

Possui um ponto de alimentação diretamente aterrado, estando os equipamentos da instalação ligados a eletrodos de aterramento eletricamente distintos do eletrodo de aterramento da alimentação.

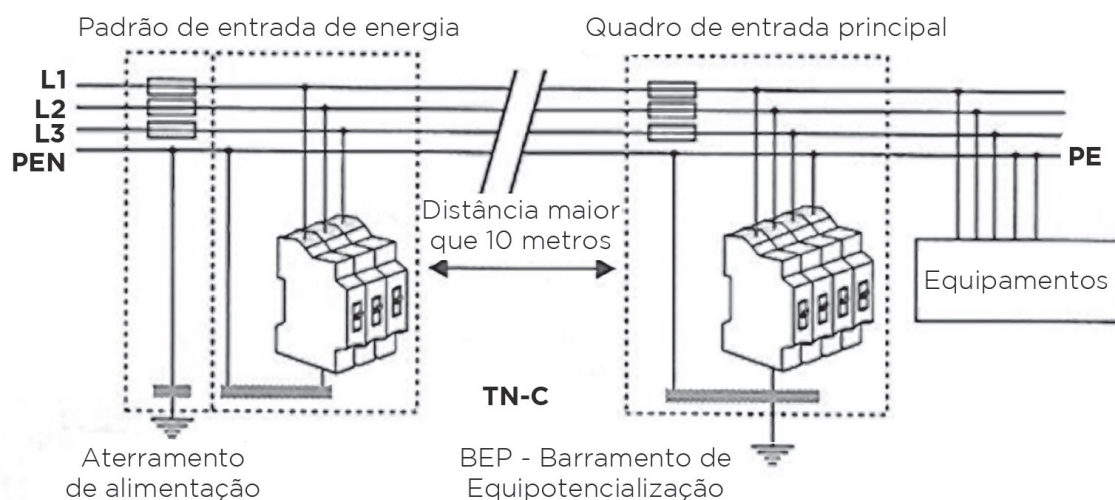


Figura 7 - Esquema de aterramento TN-C: as funções de neutro e de condutor de proteção são combinadas em um único condutor ao longo de toda a instalação.

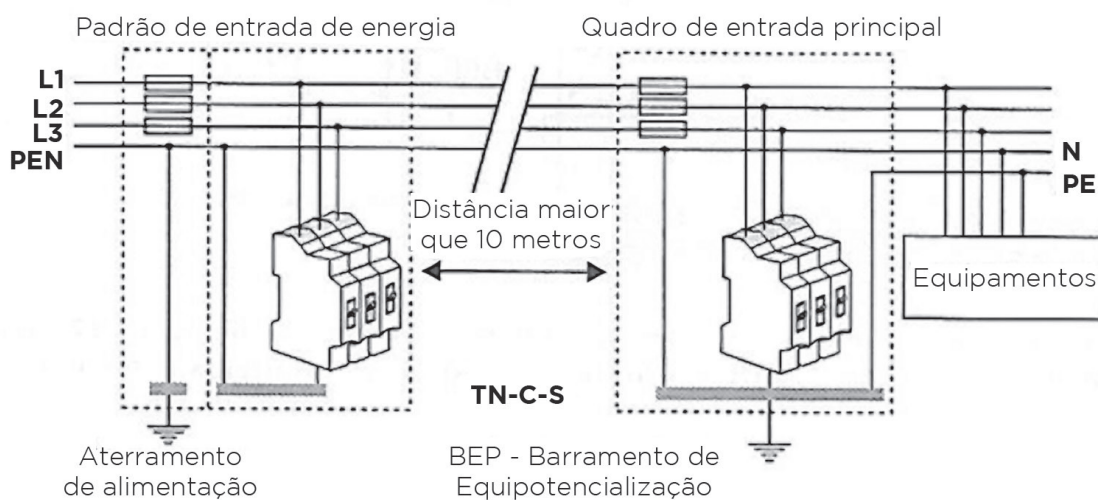


Figura 8 - Esquema de aterramento TN-C-S: as funções de neutro e de condutor de proteção são combinadas em um único condutor em uma parte da instalação.

Nota:

Numa instalação, se existir um quadro secundário, distante mais de 10 metros do QDP (Quadro de Distribuição Principal), recomenda-se que nele também seja instalado um DPS, o qual deve ser colocado o mais próximo possível dos equipamentos sobre proteção. ■

Condutores de conexão do DPS

3

Com relação à maneira de conectar os DPS, a NBR 5410:2004, item 6.3.5.2.9, determina que “o comprimento dos condutores destinados a conectar o DPS deve ser o mais curto possível, sem curvas ou laços. De preferência, o comprimento total (veja Figura 9A) não deve ser superior a 0,5 m. Caso a distância $a + b$ indicada na Figura 9A não puder ser inferior a 0,5 m, pode-se adotar o esquema da Figura 9B”.

Ligação dos DPS

Fase - DPS, neutro - DPS, DPS - PE e/ou DPS - neutro, dependendo do esquema de conexão (ver figura 3).

Seção Nominal dos condutores Ligação DPS-PE

“Caso o **DPS** seja instalado no ponto de entrada (ver figura 4) da linha elétrica da edificação ou em suas

proximidades, deve ter seção de no **mínimo** 4 mm² em cobre ou equivalente”.

Caso o “**DPS** seja destinado à proteção contra sobretensões provocadas por descargas atmosféricas diretas sobre a edificação ou em suas proximidades, a seção nominal do condutor das ligações do DPS deve ser de no **mínimo** 16 mm²”.

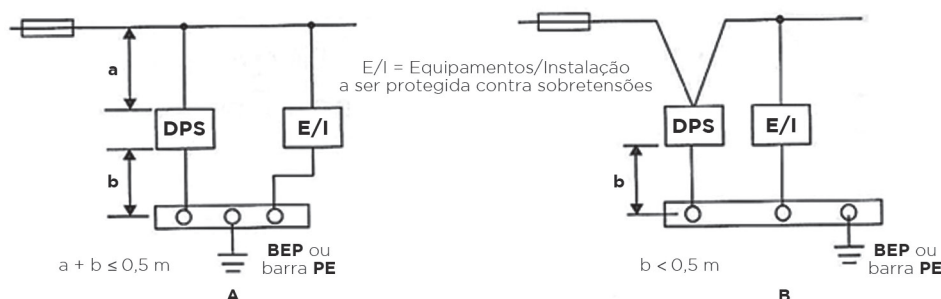


Figura 9 - Comprimento máximo total dos condutores de conexão do DPS (Figura 15 da NBR 5410:2004).

Indicação do estado e falha do DPS

“Quando o DPS, devido à falha ou deficiência, deixar de cumprir sua função de proteção contra sobretensões, esta condição deve ser evidenciada da seguinte forma” (6.3.5.2.8 da NBR):

- a) por um indicador de estado (um sinalizador luminoso fica piscando enquanto estiver em funcionamento) ou
- b) por um dispositivo de proteção à parte.

O DPS deve ser do tipo “falha segura”, incorporando proteção contra sobreaquecimento. A proteção contra sobreaquecimento de um DPS para linha de sinal atua curto-circuitando a linha com a terra (6.2.5.3.4 e nota da NBR).

Falha do DPS e Proteção contra Sobrecorrentes

A possibilidade de falha interna, fazendo com que o DPS entre em curto-circuito, impõe a necessidade de dispositivo de proteção contra sobrecorrentes para eliminar tal curto-circuito. As alíneas de a a c, a seguir, apresentam os cuidados a serem observados com vista ao risco de falha do DPS, bem como as alternativas de arranjos que permitem, na hipótese de falha do DPS, priorizar a continuidade do serviço ou a continuidade da proteção.

Nota:

Para maior clareza e simplicidade, convencionou-se adotar, nesta subseção, a abreviação DP para designar o dispositivo de proteção contra sobrecorrentes.

a) posicionamento do DP \pm a proteção contra sobrecorrentes destinada a eliminar um curto-circuito que ocorra por falha do DPS pode ser disposta:

- na própria conexão do DPS, representada pelo DP da figura 10a, sendo que esse DP pode ser inclusive o desligador interno que eventualmente integra o DPS;
- no circuito ao qual está conectado o DPS, representado pelo DP da figura 10b, que corresponde geralmente ao próprio dispositivo de proteção contra sobrecorrentes do circuito.

Supondo, como requer esta norma, que todas as proteções contra sobrecorrentes da instalação sejam devidamente coordenadas (seletivas),

a primeira opção de posicionamento do DP (Figura 10a) assegura continuidade de serviço, mas significa ausência de proteção contra qualquer nova sobretensão que venha a ocorrer. Na segunda opção (Figura 10b), por sua vez, a continuidade de serviço pode ser afetada, uma vez que a atuação do DP, devido à falha do DPS, interrompe a alimentação do circuito, situação que perdura até a substituição do DPS.

Uma terceira opção, que oferece maior probabilidade de se obter, tanto continuidade de serviço quanto continuidade de proteção, é aquela descrita na Figura 10c. Neste caso, são usados dois DPS idênticos (DPS1 e DPS2), cada um protegido por um DP específico, inserido na conexão do DPS respectivo, sendo os dois DP também idênticos. A maior confiabilidade do esquema decorre, portanto, da redundância adotada.

b) seleção do DP \pm o DP destinado a eliminar um curto-circuito que ocorra por falha do DPS, seja ele um DP especificamente previsto para tal (como o DP da Figura 10a), seja ele o próprio DP do circuito ao qual está conectado o DPS (dispositivo DP da Figura 10b), deve possuir corrente nominal inferior ou, no máximo, igual à indicada pelo fabricante do DPS.

c) condutores de conexão \pm a seção nominal dos condutores destinados a conectar um DP especificamente previsto para eliminar um curto-circuito que ocorra por falha do DPS (como o DP da Figura 10a) aos condutores de fase do circuito deve ser dimensionada levando-se em conta a máxima corrente de curto-circuito suscetível de circular pela conexão.

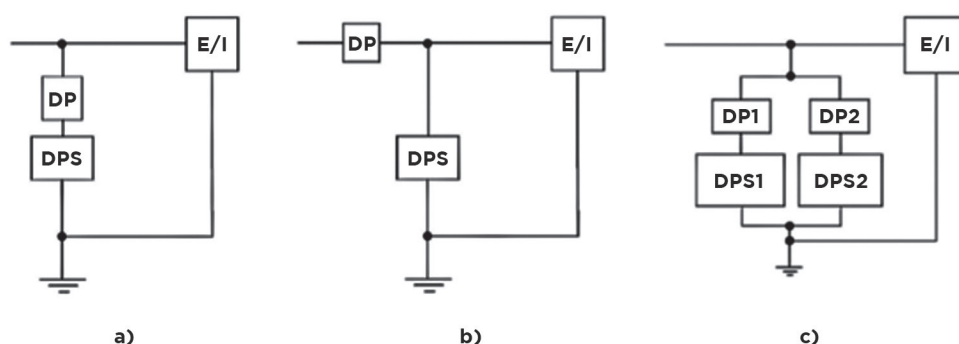


Figura 10 – Possibilidades de posicionamento do dispositivo de proteção contra sobrecorrentes

DP: dispositivo de proteção contra sobrecorrentes

DPS: dispositivo de proteção contra surtos

E/I: equipamento/instalação a ser protegida contra sobretensões

Sugestão para a Prevenção contra as Descargas Atmosféricas

Durante uma tempestade ou até mesmo antes da chuva chegar, primeiramente deve-se manter a calma, em seguida proceda da seguinte forma:

Fora de casa

- Jamais fique em campo aberto, pastos, campo de futebol, piscinas, lagos, praias, árvores isoladas, postes e lugares elevados.
- Afaste-se de equipamentos agrícolas (máquinas e tratores), motocicletas, bicicletas e carros; se estiver num carro com chapa metálica, fique dentro dele com as janelas fechadas.
- Contato com cercas de arame, grades, tubos metálicos, linhas telefônicas, de energia elétrica ou estruturas metálicas, ... nem pensar!

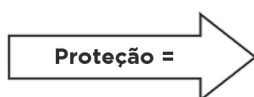
Dentro de casa

Mantenha-se afastado de fogões, geladeiras, canos, tomadas e não use o telefone.

- Não tomar banho, usar chuveiro ou torneira elétrica.
- Evite ligar aparelhos e motores elétricos, pois eles podem queimar.
- Desligue da tomada os aparelhos eletrônicos como som, computador e televisão. Existem, no comércio especializado, dispositivos especiais para a proteção dos diversos tipos de aparelho.

Conclusão

Para concluir, devemos lembrar a todos os profissionais da área de instalações elétrica que a proteção contra sobretensões transitórias (surtos de tensão), bem como a proteção da instalação como um todo, visa sobretudo à simultaneidade de atuação, de tal forma que os pulsos de tensão e corrente a ela conectados apresentem o máximo de eficiência possível e sejam suportáveis pelos componentes da instalação, ou seja: ■



Proteção contra sobrecarga e curto-circuito +
Aterramento + Equipotencialização + Instalação do DPS

unidade

14

Motor de Indução Monofásico

1

Características Elétricas do Motor Monofásico

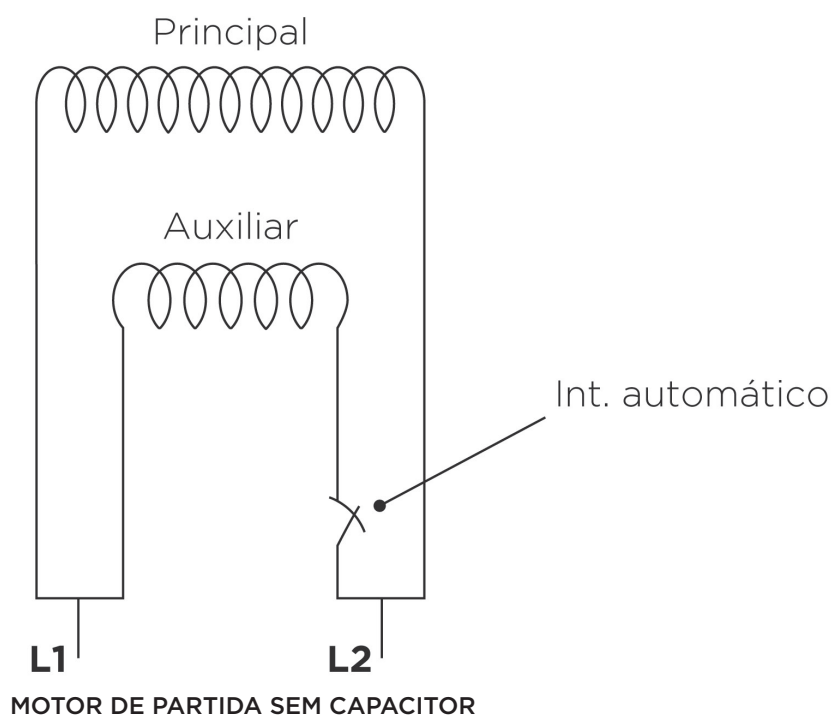


Motor monofásico

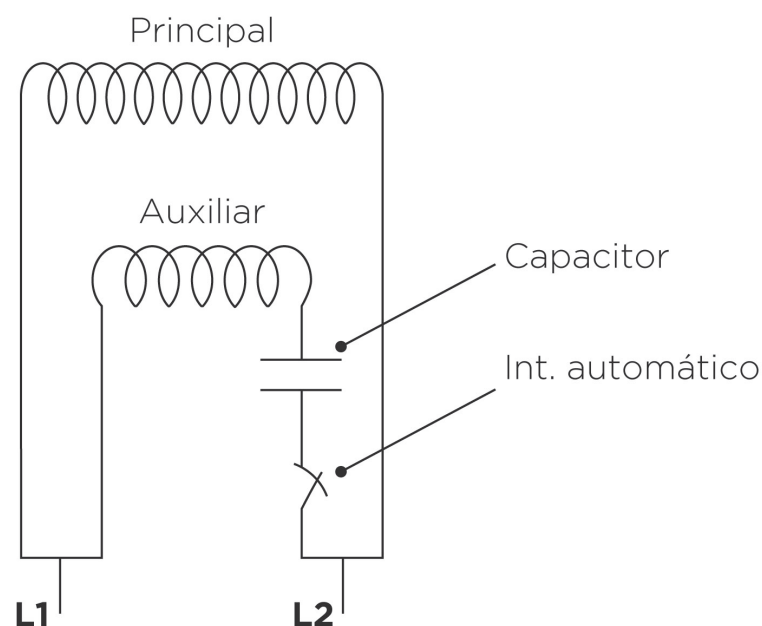
Os motores elétricos são máquinas que possuem características próprias de funcionamento, tornando-se mais difíceis de se instalar do que os aparelhos de iluminação e aquecimento.

Suas características variam não proporcionalmente com a tensão e seu regime de funcionamento exige que condutores, proteções, chaves, etc, quando dimensionados, não se baseiam somente nos valores do regime estacionário.

Na maioria das vezes, os fabricantes de motores projetam seus enrolamentos para serem ligados em duas tensões diferentes, sendo necessário para isso que se efetue a ligação dos enrolamentos através de seus terminais numerados, conforme a orientação que se encontra na placa de identificação fixada no motor. Nesta placa, também encontramos todas as características que irão nos interessar.



Nos motores sem capacitor, durante a partida, o enrolamento auxiliar fica ligado diretamente em paralelo com o principal. Quando o motor atinge, aproximadamente, 75% da velocidade nominal, um interruptor automático desliga o auxiliar, passando o motor a funcionar apenas com o enrolamento principal.



MOTOR DE PARTIDA COM CAPACITOR

Os motores com capacitor têm funcionamento igual ao descrito anteriormente, tem como única diferença o fato de ter um capacitor ligado em série com o enrolamento auxiliar. Basicamente, o motor de indução monofásica de partida sem ou com capacitor é constituído de estator e rotor.

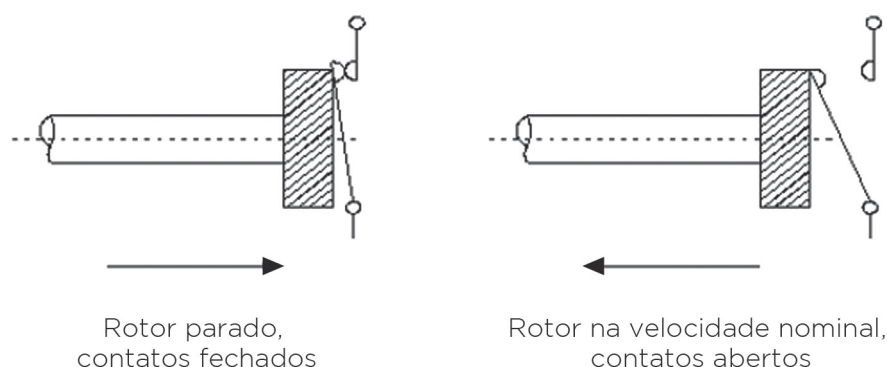
No estator, encontram-se dois enrolamentos: um chamado de principal ou de serviço ou de trabalho, constituído por bobinas de fios mais grossos, e outro designado como auxiliar ou de partida, constituído de bobinas de fios mais finos, localizados sobre o enrolamento principal.

O enrolamento principal fica ligado durante todo o tempo em que o motor estiver em funcionamento, porém, o auxiliar só atua no momento da partida. Para o desligamento do enrolamento auxiliar, esses motores são equipados com um dispositivo automático, que está montado - partes - no estator, geralmente sobre a tampa, e - partes - no rotor. Este dispositivo automático funciona graças à força centrífuga, razão pela qual é chamado de interruptor centrífugo.

Os motores de indução monofásicos com capacitor possuem um torque (arranque) mais vigoroso. Normalmente, o capacitor é usado em motores que partem com carga considerável, como os empregados em compressores, máquinas de lavar roupa, bombas d'água, exaustores, etc.

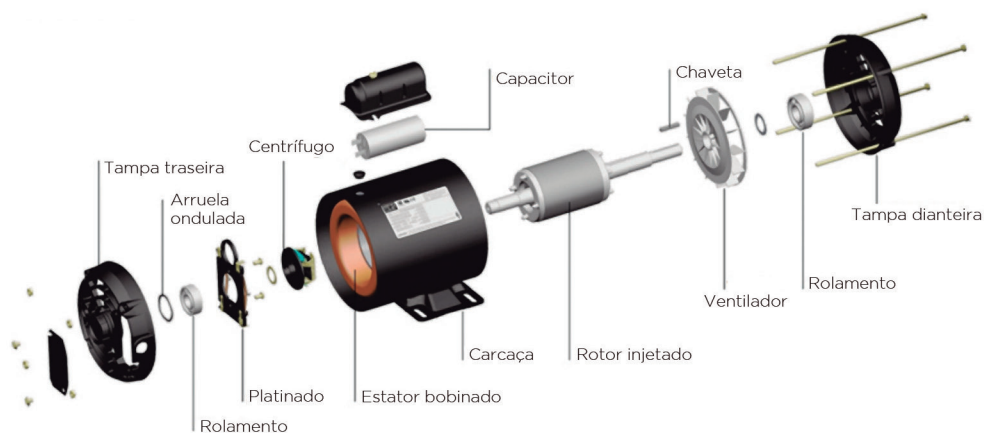
FUNCIONAMENTO DO DISPOSITIVO AUTOMÁTICO DE PARTIDA (INTERRUPTOR CENTRÍFUGO)

Quando o motor está parado, as molas fazem com que as massas centrífugas empurrem o carretel sobre os contatos, fechando o circuito do bobinado de arranque (enrolamento auxiliar).



O motor parado está, assim, em condições de arrancar (de partir). Quando o motor alcançar aproximadamente 75% da sua velocidade de funcionamento (V_N), a força centrífuga desloca a massa, arrastando o carretel e abrindo os contatos que desligam o bobinado de arranque. A partir daí, o motor passa a funcionar somente com o bobinado principal. Ao desligar o motor, o dispositivo age de forma inversa, deixando o motor em condições de um novo arranque.

A figura a seguir representa a ilustração de um motor “explodido”. Podemos, assim, identificar os principais componentes de um motor de indução monofásico.

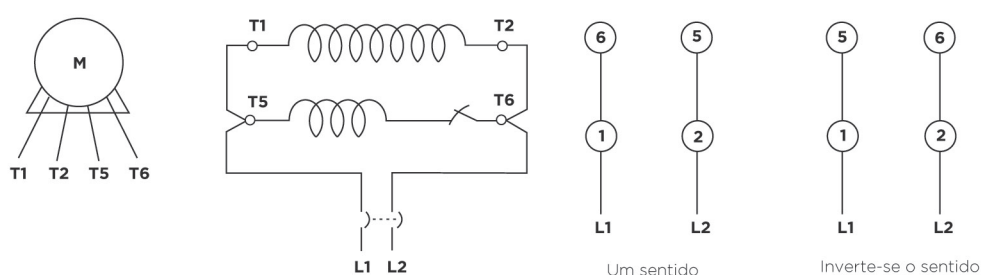


Ligação do Motor Monofásico

É a conexão elétrica dos terminais do motor, afim de proporcionar a este as condições de tensão adequadas para a quais foi construído. Podemos encontrar motores monofásicos com dois, quatro e seis terminais de ligação.

Motores de dois terminais são constituídos para funcionar apenas em tensão de 127 ou 220 V (220/380 V) e não permitem a inversão de rotação.

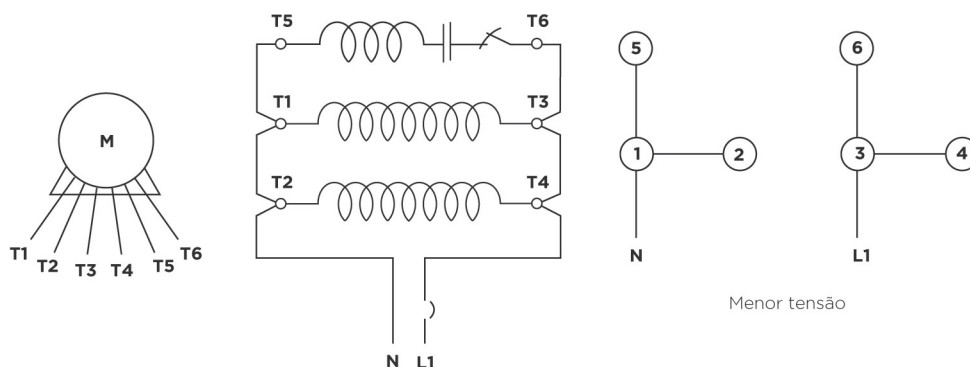
Motores de quatro terminais são constituídos para funcionar em uma só tensão, porém permitem a inversão de rotação.



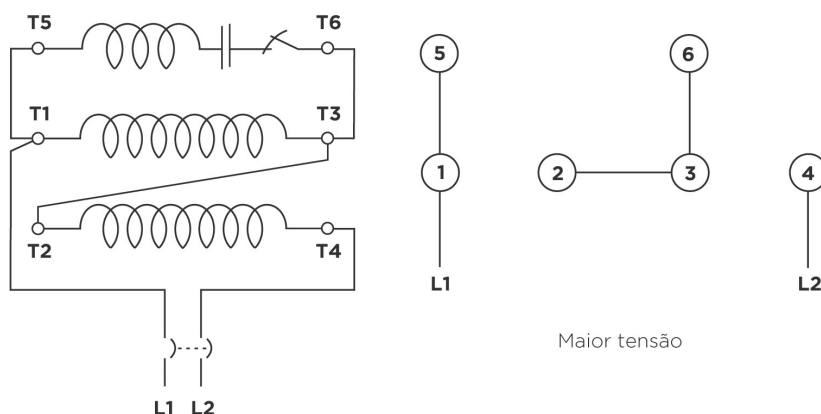
→ Para inverter a rotação, basta trocar T5 por T6.

Os motores de seis terminais são destinados a funcionar em duas tensões (127 ou 220v) e permitem ainda a inversão de rotação.

Ligação elétrica do motor de seis terminais na menor tensão:



Ligação elétrica do motor de seis terminais na maior tensão:



→ Trocando T5 por T6, inverte-se o sentido de rotação do motor.

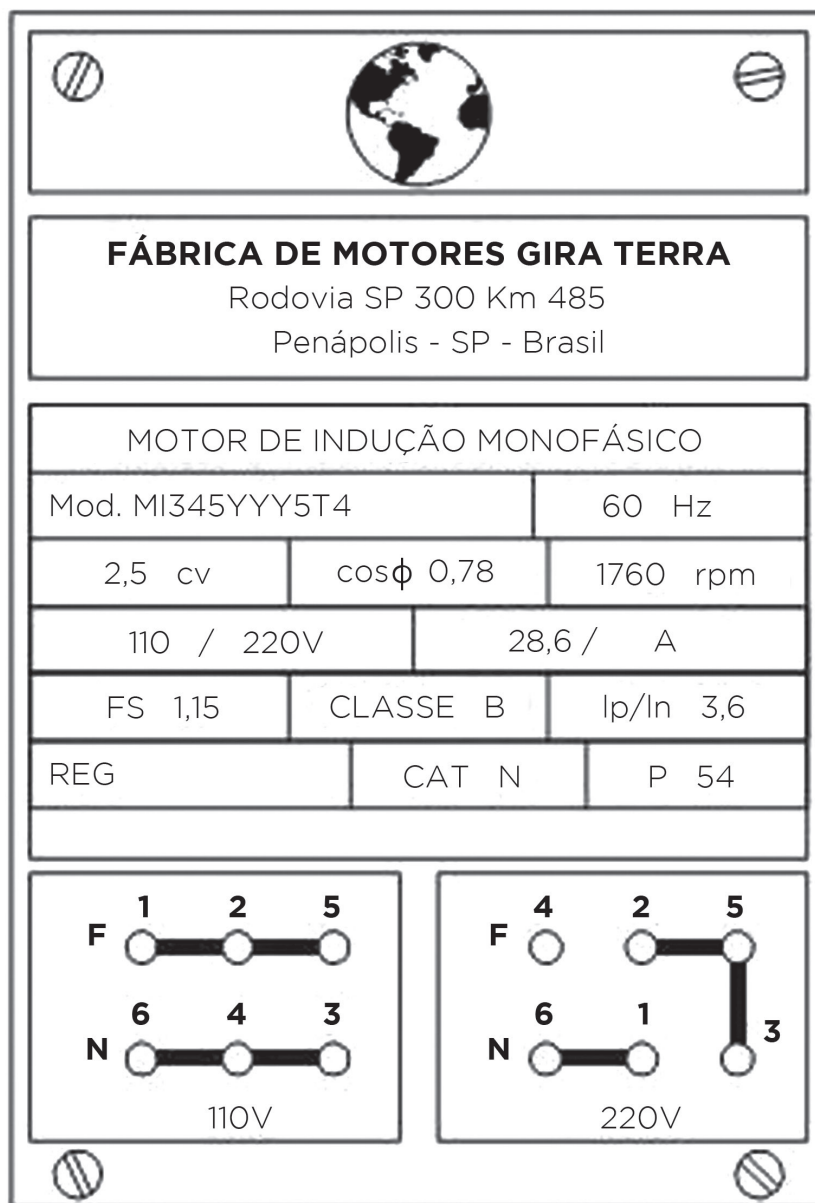
Observação:

Sabemos que o motor de quatro terminais só poderá ser ligado em uma só tensão e permite a inversão da rotação. Porém, existem casos como, por exemplo, os de bombas d'água, máquinas de lavar roupa, exaustores, etc, em que o motor vem com quatro terminais, podendo ser ligado em duas tensões (127/220 v), mas sem permitir a inversão da rotação.

PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DO MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO (6T) DE FABRICAÇÃO WEG, COM PARTIDA A CAPACITOR.

Motor de indução monofásico de fabricação WEG modelo D-56 0496 60Hz		
1,0 cv	3520 RPM	$I_p / I_n = 7,0$
127 / 220 V	60 Hz	FS = 1,25
15,6 / 7,1 A	ISOL. B	IP21
<div> <div>Menor tensão</div> <div> </div> </div> <div> <div>Maior tensão</div> <div> </div> </div> <p>Para inverter a rotação basta trocar o 5 pelo 6</p>		

Mais um modelo de placa de motor monofásico:



Iremos estudar as informações contidas nas placas acima na próxima aula do curso. ■

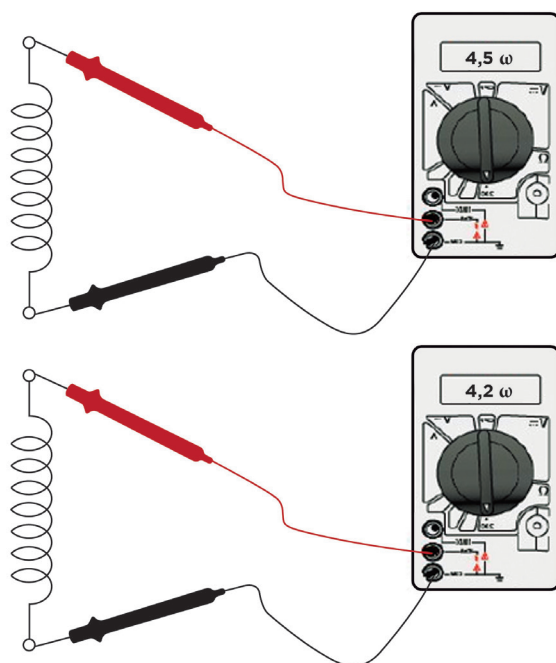
Identificação dos enrolamentos do motor

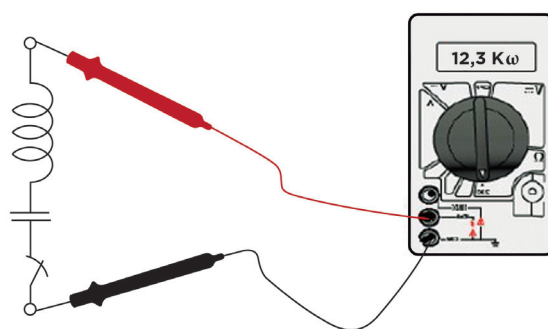
2

IDENTIFICAÇÃO DOS ENROLAMENTOS DO MOTOR MONOFÁSICO DE SEIS TERMINAIS.

Quando pegamos um motor elétrico novo (ou mesmo usado, com a identificação dos seus terminais em bom estado de conservação), não temos dificuldade para a sua ligação elétrica. Porém, quando esta identificação, por algum motivo, não existe mais, temos que fazer a medição das suas bobinas, afim de identificá-las para a correta ligação do motor, conforme procedimento abaixo:

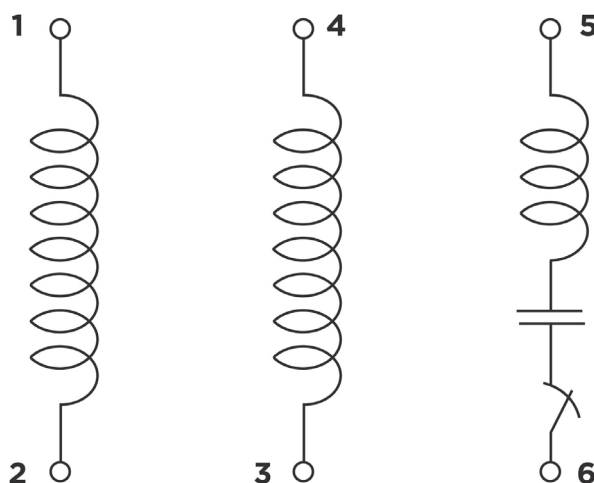
Inicialmente, temos que identificar os fios das bobinas principal e auxiliar. Para isso, usamos um ohmímetro para a medição de continuidade e valores ôhmicos.





Observamos que, no exemplo acima, identificamos duas resistências de baixo valor que indicam as bobinas principais e uma resistência muito mais alta, que corresponde à bobina auxiliar.

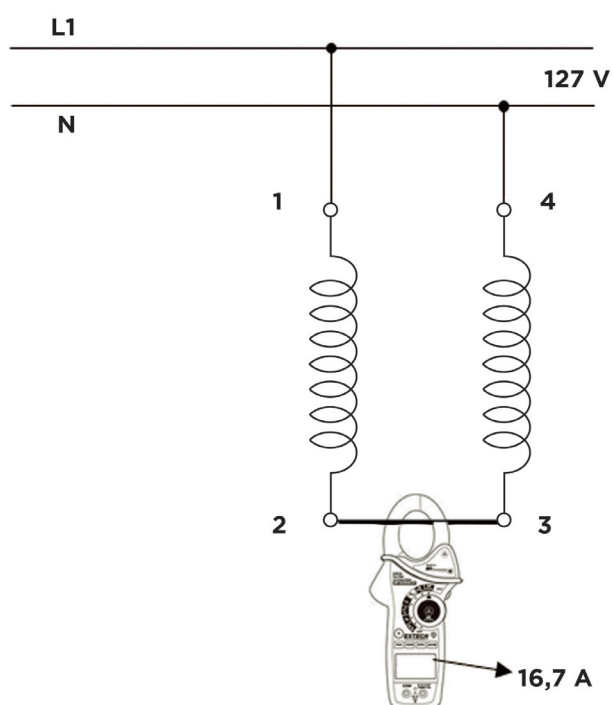
Com isso, atribuímos os números dos terminais do motor aleatoriamente para cada par de condutor, sendo os números 5 e 6 atribuídos ao bobinado que marcou a maior resistência (auxiliar), como indicado a seguir:



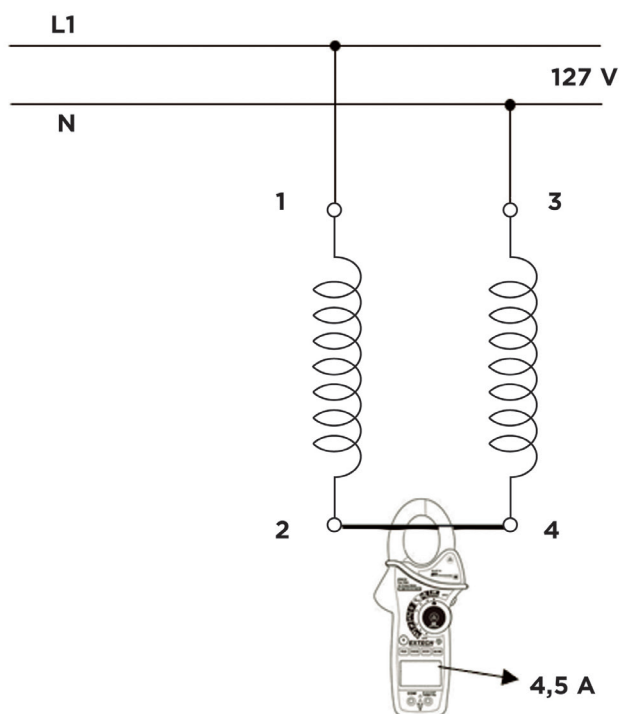
Deixamos de fora o bobinado auxiliar, que marcou a maior resistência, e prosseguimos com os testes para identificar a sequência correta dos terminais.

Agora, de posse de um amperímetro, iremos medir a corrente que percorre as bobinas na ligação feita conforme mostra o diagrama.

Obs.: Devemos fazer esse teste deixando as bobinas energizadas por um breve intervalo de tempo, somente o suficiente para fazermos a leitura no instrumento, e desligar imediatamente para não danificar o motor.



Verifica-se uma corrente relativamente alta em relação à corrente nominal do motor. Procedemos à inversão dos terminais 4 pelo 3 e efetuamos nova medição de corrente:



A corrente, agora, é bem menor do que no caso anterior, demonstrando que as indicações feitas estão corretas.

No caso dos terminais da bobina auxiliar, podemos atribuir 5 ou 6 a qualquer um dos dois terminais, invertendo a posição de ambos, caso o sentido de giro do motor não seja o desejado. Com esse procedimento, conseguimos identificar todos os terminais do motor de indução monofásico de seis fios. ■

A decorative graphic on the left side of the page, featuring a large orange shape that tapers to the right, and a blue rectangular block with a 3D effect. The word 'unidade' is written in white on the blue block, and the number '15' is written in white on a smaller blue square to its right.

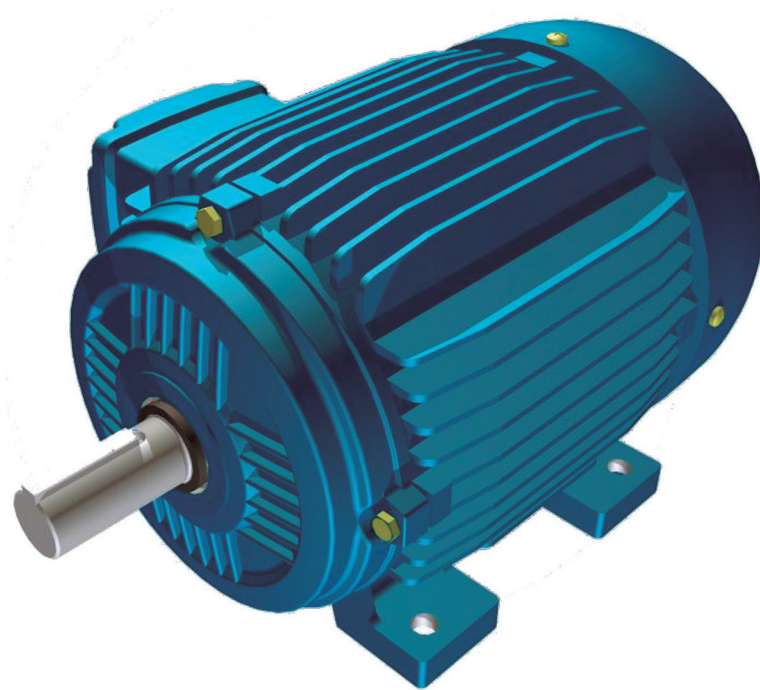
unidade

15

Motor de Indução Trifásico

1

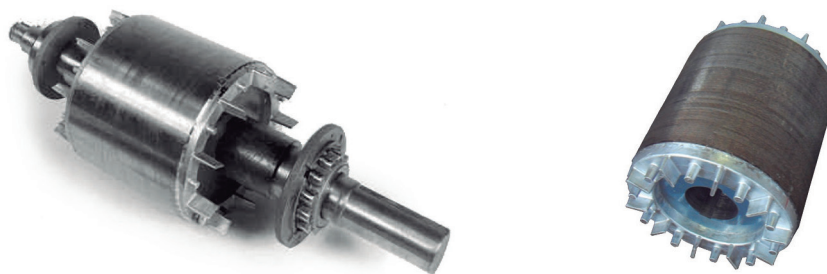
Motor Trifásico



Assim como o **motor de indução monofásico**, o motor de indução trifásico se compõe de duas partes principais: o estator e o rotor.

No estator dos motores trifásicos, há três enrolamentos convenientemente dispostos, ou seja, três bobinas (uma para cada fase) interligadas de modo que estando o núcleo de ferro (rotor) e as bobinas do estator parados, pelo efeito da corrente elétrica trifásica, cria-se um “campo magnético girante” que arrasta o rotor, dando-lhe movimento. É compreensível que, se o rotor é arrastado pelo campo magnético girante criado pelo estator, que ele gire com uma velocidade abaixo deste.

É do enrolamento do estator que saem os condutores para a ligação do motor à rede elétrica. O motor trifásico é próprio para ser ligado aos sistemas elétricos de três fases. É o tipo de motor de emprego mais amplo na indústria. Oferecem melhores condições de operação do que os monofásicos (não necessitam de auxílio na partida e dão um rendimento mais elevado), não necessitam de redes elétricas especiais.



O rotor em curto ou gaiola de esquilo, eletricamente, não é ligado a nenhum dispositivo. É constituído de barras curto-circuitadas, núcleo de chapa de ferro laminado e eixo.

Rotação / N° de Polos

A rotação do campo magnético girante, criado pelas bobinas do estator, denominada rotação síncrona, é diretamente proporcional à frequência da rede e inversamente proporcional ao número de polos do motor.

$$\text{Então: } N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

Onde:

120 = constante;

F = frequência da rede em ciclos por segundo (c/s) ou Hertz (Hz);

P = n° de polos do motor.

Já que o rotor gira com velocidade abaixo da do campo magnético girante, dizemos que existe um escorregamento ou deslizamento. Este poderá ser calculado percentualmente da seguinte forma:

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100$$

onde:

S = deslizamento, variando de 3 a 6%;

N_s = rotação síncrona em RPM;

N_r = rotação rotórica em RPM.

Obs.: A rotação de um motor é medida através de um instrumento denominado “tacômetro”.

Exemplo: Um motor de 5cv, dois polos, tem de acordo com as indicações do fabricante uma rotação de 3520 RPM na ponta de eixo, para uma frequência de 60 Hz. Determinar:

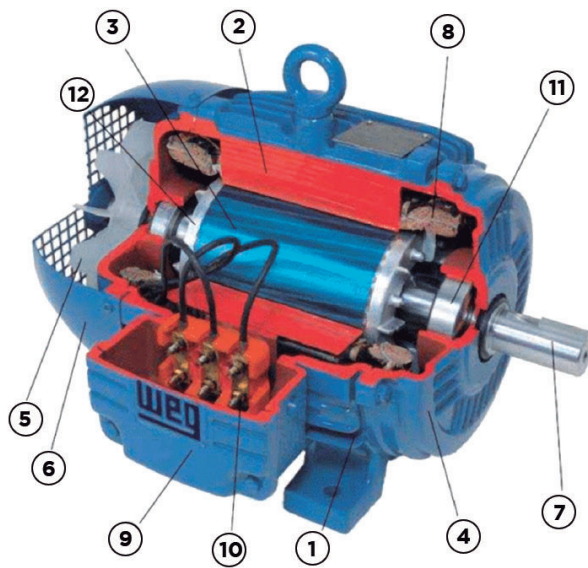
a) A velocidade síncrona em RPM;

$$N_s = \frac{120 \times 60}{2} \Rightarrow N_s = 3600 \text{ RPM}$$

a) E o deslizamento em porcentagem.

$$S = \frac{N_s - N_{rf}}{N_s} \times 100 \rightarrow S = \frac{3600 - 3520}{3600} \times 100 \rightarrow S = 0,022 \times 100 \rightarrow S = 2,2\%$$

A seguir, podemos observar alguns componentes básicos de um motor de indução trifásico aberto: ■



- 1 Carcaça
- 2 Núcleo de chapas - estator
- 3 Núcleo de chapas - rotor
- 4 Tampa
- 5 Ventilador
- 6 Tampa defletora
- 7 Eixo
- 8 Enrolamento trifásico
- 9 Caixa de ligação
- 10 Terminais
- 11 Rolamentos
- 12 Barras de anéis de curto-circuito

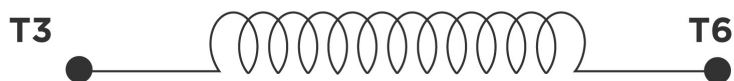
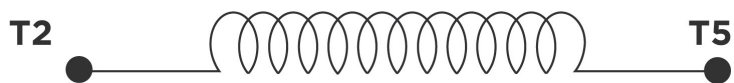
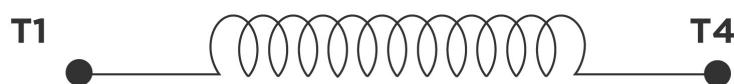
Ligação do Motor Trifásico

2

Os terminais do motor trifásico serão assim identificados:

- A alimentação dos enrolamentos será nos terminais de menor numeração (T1, T2 e T3).
- Acrescentando mais três a cada um, teremos a numeração das outras extremidades de cada enrolamento (T4, T5 e T6).

Exemplo:



Ligação dos Terminais do Motor Trifásico

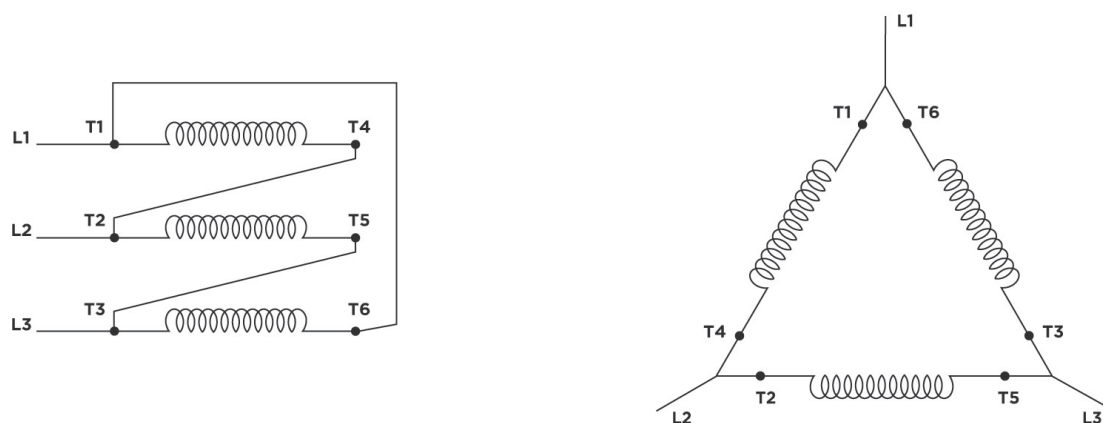
É a conexão elétrica dos terminais do motor, a fim de proporcionar a este condições de funcionamento. Podemos encontrar motores de indução trifásicos com três, seis, nove ou 12 terminais de ligação, contudo, iremos estudar apenas os de seis terminais.

Os motores de três terminais são projetados para funcionar apenas em uma tensão, seus terminais T1, T2 e T3 são conectados aos terminais

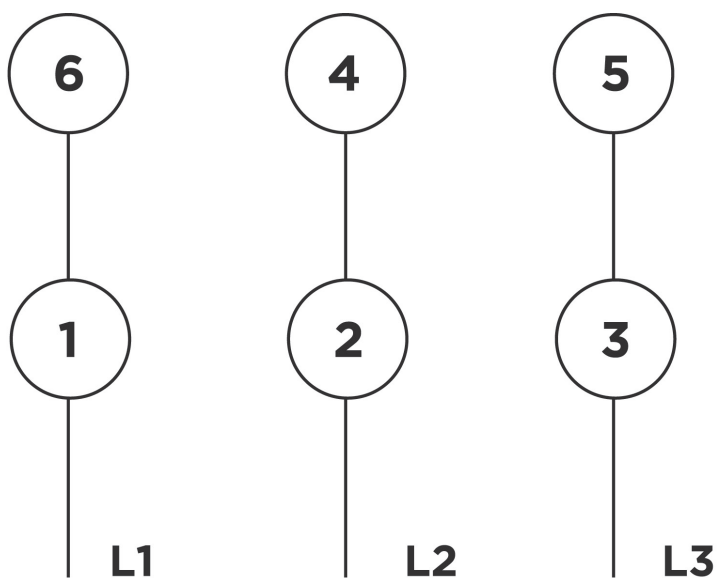
da rede elétrica (L1, L2 e L3) em qualquer ordem.

Os motores de indução trifásicos de seis terminais são os mais encontrados. Com essa disposição, esses motores podem ser ligados em duas tensões, geralmente 220/380V. Para funcionar em 220V (menor tensão), deverão ter seus terminais conectados em triângulo (Δ).

A seguir podemos observar como é feita a ligação em triângulo ou delta:



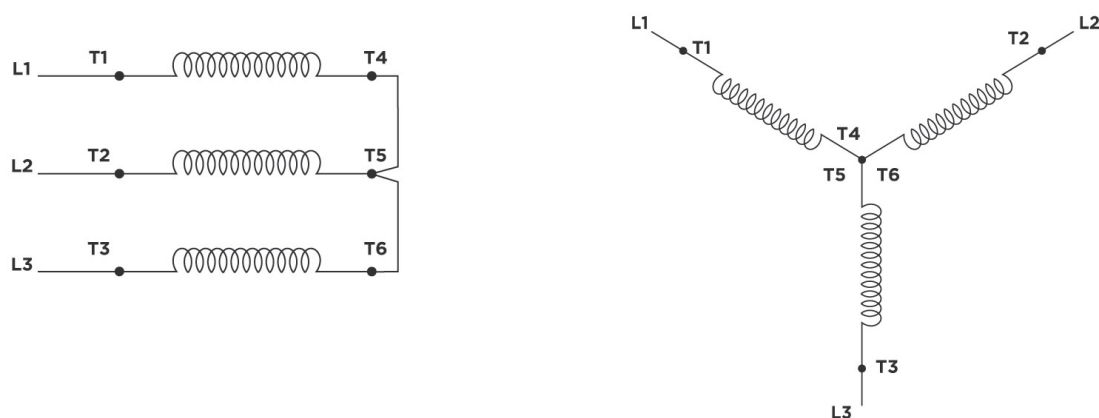
Ligação representada em placa:



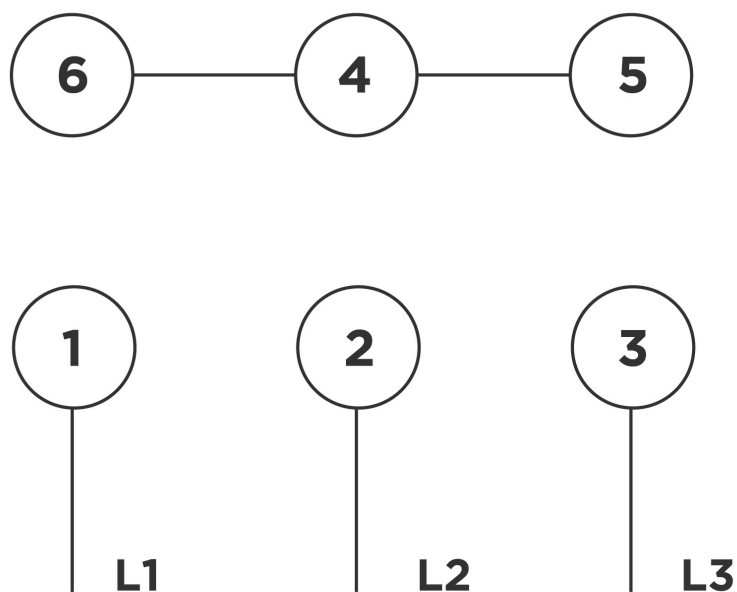
Na ligação do motor para 380V (maior tensão), a conexão dos termi-

nais deverá ser feita em Estrela (Y).

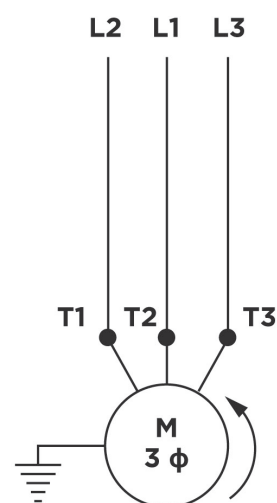
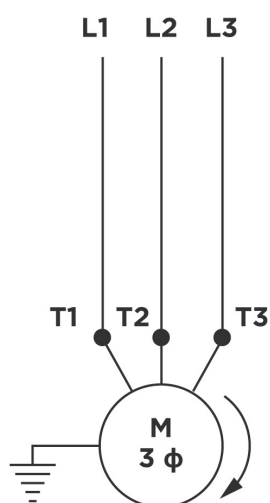
A seguir podemos observar como é feita a ligação em estrela:



Ligação representada em placa:



A inversão do sentido de rotação do motor de indução trifásico será conseguida através da troca de duas fases quaisquer da rede de alimentação.



Obs.: No caso acima, a fase L3 foi mantida, isto é, em ambas as ligações ela chega ao terminal T3 do motor, o que não ocorre com as fases L1 e L2, que foram trocadas entre si.

Importante:


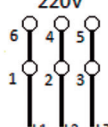
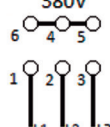


Quando ocorrer a substituição do motor trifásico ou a entrada da rede elétrica trifásica passar por alguma manutenção, como a substituição do medidor ou do disjuntor de entrada, devemos antes de ligar o motor, verificar o faseamento correto, para que o motor não gire no sentido errado. A inversão indevida do motor pode acarretar sérios problemas, e até mesmo acidentes perigosos. ■

Placa de Identificação de Motor Trifásico

3

As placas de identificação dos motores são muito importante para obtermos as características básicas de funcionamento, como tensões de ligação, potência, rotação, entre outras.

Abaixo, temos um exemplo de placa de motor de indução trifásico (lembrando que, em algumas placas, pode haver diferenças na forma de apresentação, mas sempre apresentando os fatores elétricos e mecânicos básicos principais do motor).

		ALTO RENDIMENTO		NBR7094	
MOTOR DE INDUÇÃO GAIOLA INDUCTION MOTOR GAGE		Hz	60	CAT	N
kW (HP - cv)		2.2(3.0)		RPM	1730
FS	1.15	ISOL	B ΔT	K	IP/In
S		INSL			6.7
220/380		V	8.34/4.83		A
REG	S1	MAX AMB	ALT		m
DUTY					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>220V</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>380V</p>  </div> </div> <p>ONLY START / SOMENTE PARTIDA</p>					
6205-ZZ A BASE DE LITIO				kg	
6204-ZZ					
		PNCEE		REND%= 85.5%	
				COS φ= 0.81	
					

Hz → 60 → Frequência nominal de trabalho do motor: 60Hz ou 60 ciclos por minuto.

CAT → N → Existem três categorias de conjugados definidos por norma que determinam a relação do conjugado com a velocidade e a corrente de partida dos motores, sendo cada uma adequada a um tipo de carga.

Categoria N – conjugado de partida normal, corrente de partida normal, baixo escorregamento. A maior parte dos motores encontrados no mercado pertence a esta categoria e é indicada para o acionamento de cargas normais como bombas e máquinas operatrizes.

Categoria H – conjugado de partida alto, corrente de partida normal, baixo escorregamento. Empregado em máquinas que exigem maior conjugado na partida como peneiras, transportadores, carregadores, cargas de alta inércia e outros.

Categoria D – conjugado de partida alto, corrente de partida normal, alto escorregamento (superior a 5%). Usado em prensas concêntricas e máquinas semelhantes, nas quais a carga apresenta picos periódicos, em elevadores e cargas que necessitem de conjugados de partida muito altos e corrente de partida limitada.

Kw (HP – cv) → 2.2(3.0) → Potência nominal do motor: um cavalo vapor (cv) tem aproximadamente 736w, com isso $3cv \times 736w \approx 2200w = 2.2kw$.

RPM → 1730 → (rotações por minuto) → como se trata de um motor de dois polos, um motor de alta rotação assíncrona.

Velocidade assíncrona é a rotação medida no eixo do motor. Em síntese, é a verdadeira rotação do motor, descontando-se as perdas; daí o nome de motor assíncrono (em português assíncrono significa fora de sincronismo; no caso, entre a velocidade do campo magnético e a do eixo do motor). O valor lido na placa dos motores, portanto, valor nominal, é o valor da velocidade assíncrona.

FS → 1.15 → Fator de serviço é um multiplicador que, quando aplicado à potência nominal do motor elétrico, indica a carga que pode ser acionada continuamente sob tensão e frequência nominais e com limite de elevação de temperatura do enrolamento. A utilização do fator de serviço implica uma vida útil inferior àquela do motor com carga nominal. O fator de serviço não deve ser confundido com a capacidade

de sobrecarga momentânea que o motor pode suportar. Para este caso, o valor é geralmente de até 60% da carga nominal durante 15 segundos.

No exemplo em questão, temos: motor de 8,34 A e FS 1,15. Corrente máxima admissível = $8,34 \text{ A} \times 1,15 = 9,59 \text{ A}$.

ISOL. → B → É a determinação da temperatura máxima de trabalho que o motor pode suportar continuamente sem ter prejuízos em sua vida útil.

A classe de cada motor, em função de suas características construtivas. As classes de isolamento padronizadas para máquinas elétricas são: classe A - 105°C; classe E - 120°C; classe B - 130°C; classe F - 155°C; classe H - 180°C.

IP/In → 6.7 → Os motores elétricos solicitam da rede de alimentação, durante a partida, uma corrente de valor elevado, da ordem de 6 a 10 vezes a corrente nominal. Este valor depende das características construtivas do motor, e não da carga acionada. A carga influencia apenas no tempo durante o qual a corrente de acionamento circula no motor e na rede de alimentação (tempo de aceleração do motor).

A corrente é representada na placa de identificação pela sigla Ip/In (corrente de partida / corrente nominal).

No exemplo: $8,34 \text{ A} \times 6,7 = 55,9 \text{ A}$ para (220V)

Observação: Não se deve confundir com a sigla IP, que significa grau de proteção.

IP → 55 → É a indicação das características físicas dos equipamentos elétricos, referenciando-se a permissão da entrada de corpos estranhos para seu interior. É definido pelas letras IP seguidas por dois algarismos que representam:

1º algarismo: indica o grau de proteção contra a penetração de corpos sólidos estranhos e contato acidental

0 - sem proteção

1 - corpos estranhos de dimensões acima de 50 mm

2 - corpos estranhos de dimensões acima de 12 mm

4 - corpos estranhos de dimensões acima de 1 mm

5 - proteção contra acúmulo de poeiras prejudicial ao equipamento

6 - proteção total contra a poeira

2º algarismo: indica o grau de proteção contra a penetração de água no interior do equipamento:

- 0 - sem proteção
- 1 - pingos de água na vertical
- 2 - pingos de água até a inclinação de 15° com a vertical
- 3 - água de chuva até a inclinação de 60° com a vertical
- 4 - respingos de todas as direções
- 5 - jatos de água de todas as direções
- 6 - água de vagalhões
- 7 - imersão temporária
- 8 - imersão permanente

No exemplo, temos grau de proteção IP55: proteção completa contra toques, acúmulo de poeiras nocivas e jatos de água de todas as direções.

220/380 V → A tensão de funcionamento na grande maioria dos motores elétricos é fornecida com os terminais religáveis, de modo que possam funcionar ao menos em dois tipos de tensões. No caso da nossa placa, 220 volts e 380 volts.

8.34/4.83 A → A corrente nominal é lida na placa de identificação do motor, ou seja, aquela que o motor absorve da rede quando funcionando à potência nominal, sob tensão e frequência nominais.

Quando houver mais de um valor na placa de identificação, cada um refere-se a tensão ou velocidade diferentes.

O motor trifásico é um consumidor de carga elétrica equilibrada. Isto significa que todas as suas bobinas são iguais, ou seja, têm a mesma potência, são para a mesma tensão e, consequentemente, consomem a mesma corrente. Logo, as correntes medidas nas três fases sempre terão o mesmo valor.

REG. → S1 → Cada tipo de máquina exige uma condição de carga diferente do motor. Um ventilador ou uma bomba centrífuga, por exemplo, solicita carga contínua, enquanto uma prensa puncionadora, um guindaste ou uma ponte rolante solicitam carga alternada (intermitente).

O regime de serviço define a regularidade da carga a que o motor é submetido. A escolha do tipo do motor deve ser feita pelo fabricante da máquina a ser acionada, comprando o motor mais

adequado a seu caso. Quando os regimes padrões não se enquadram exatamente no perfil da máquina, deve-se escolher um motor para condições no mínimo mais exigentes que as requeridas.

Os regimes padronizados estão definidos a seguir:

- reg. contínuo (S1)
- reg. de tempo limitado (S2)
- reg. intermitente periódico (S3)
- reg. intermitente periódico com partidas (S4)
- reg. intermitente periódico com frenagem elétrica (S5)
- reg. contínuo com carga intermitente (S6)
- reg. contínuo com frenagem elétrica (S7)
- reg. contínuo com mudança periódica na relação carga/velocidade de rotação (S8)
- reg. especiais

Nas placas dos motores consta seu tipo de regime (Sx). Alguns regimes são acompanhados de dados suplementares (Exemplo: S2 60 minutos).

REND. → 85.5% → A energia elétrica absorvida da rede por um motor elétrico é transformada em energia mecânica disponível no eixo. A potência ativa fornecida pela rede não será cedida na totalidade como sendo potência mecânica no eixo do motor.

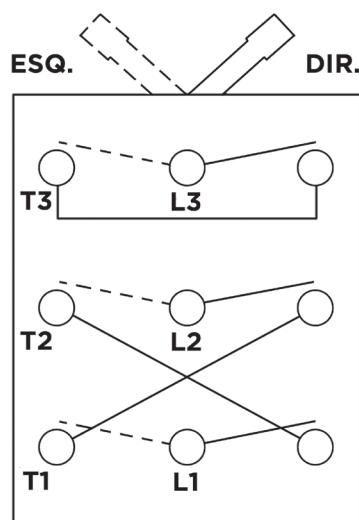
A potência cedida sofre uma diminuição relativa às perdas que ocorrem no motor. O rendimento define a eficiência desta transformação sendo expresso por um número (<1) ou em percentagem. ■

Instalação Chave Manual Trifásica

Instalação de Motor de Indução Trifásico, 220/380V; 60Hz, através de Chave Manual Trifásica

A utilização da chave manual trifásica tem como finalidade permitir que se efetue a reversão do sentido de rotação do motor, através da manobra manual de uma chave reversora.

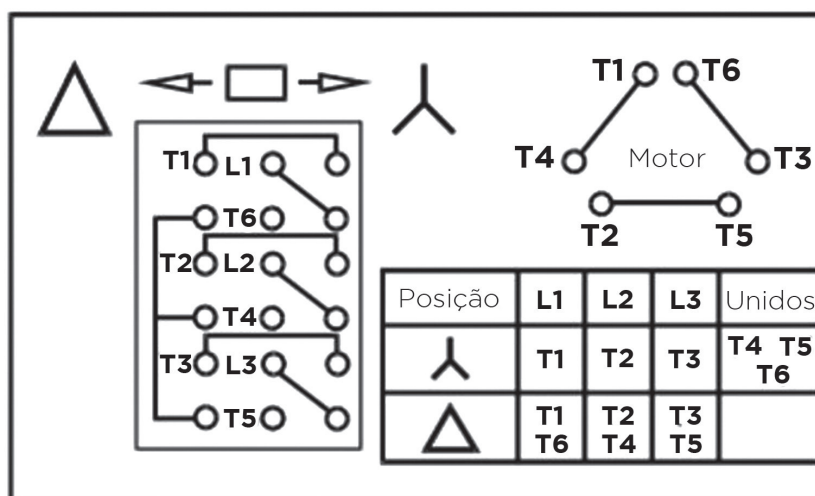
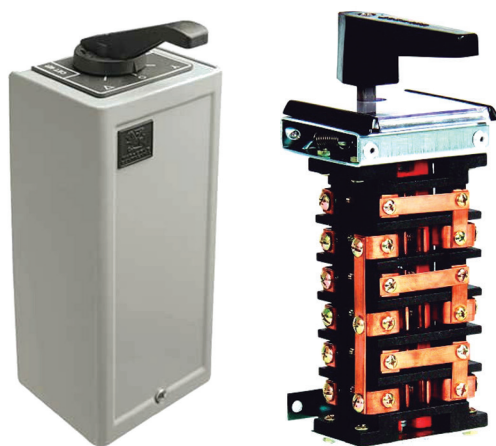
- Devemos fazer as ligações dos terminais do motor à chave, seguindo o esquema fornecido pelo fabricante.
- No caso de chaves usadas cujo esquema não mais existe, devemos, com uma lâmpada de prova (teste), fazer o levantamento das interligações existentes entre os contatos da chave, nas suas três diferentes posições.



O motor tanto poderá se encontrar ligado em (Δ) como em (Y); a interligação dos terminais do motor deverá coincidir com a tensão de linha da rede.

Esquema de Reversão de Motor Trifásico, Chave de fabricação MAR-
-GIRUS-CONTINENTAL

A seguir, vemos o esquema de ligação da chave Margirius Cet 401 Estrela/Triângulo, fornecido pelo fabricante.



É só fazer a ligação elétrica dos terminais do motor (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) nos bornes referentes a estes terminais, indicados na chave estrela/triângulo. ■

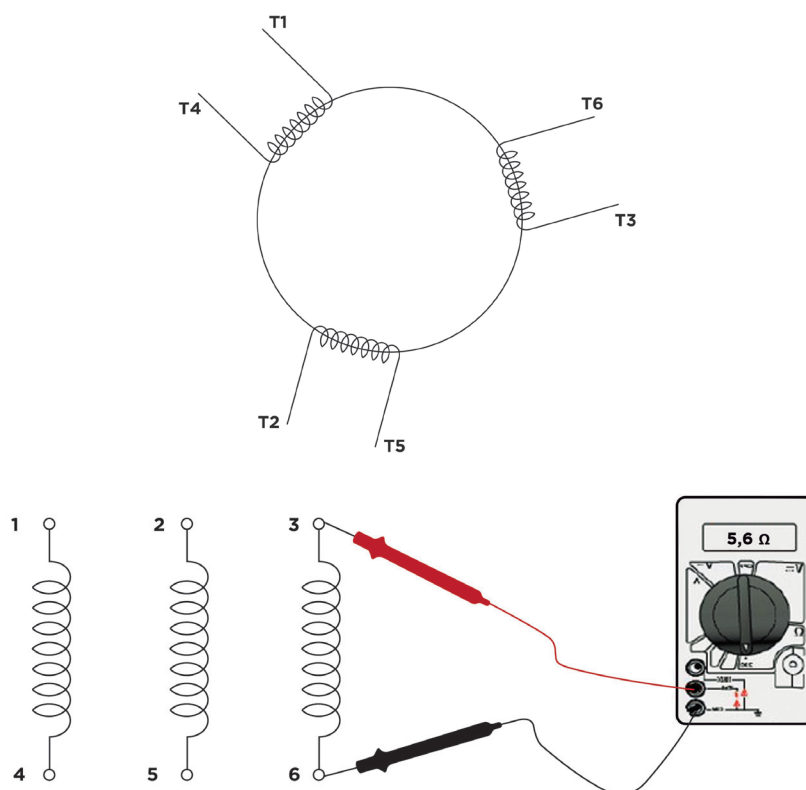
5

Identificação dos Terminais do Motor Trifásico

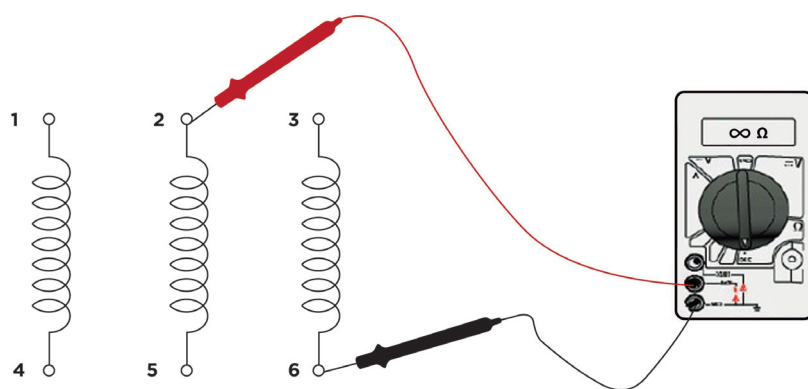
Assim como nos motores monofásicos, quando não se tem mais as informações necessárias para a identificação dos terminais do motor trifásico de seis pontas, devemos proceder às medições dos seus terminais afim de identificá-los.

Inicialmente, devemos identificar os terminais relativos a cada bobina do motor. Para tal, utilizamos um ohmímetro para a verificação das resistências em cada par de enrolamento.

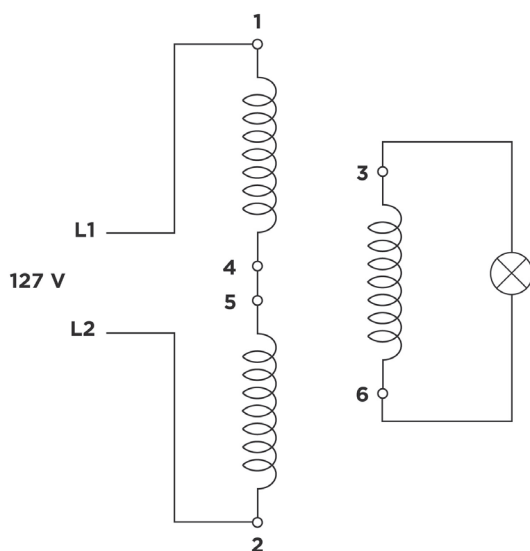
Quando a medição der um valor ôhmico qualquer, isso indica que as pontas em medição correspondem a uma bobina.



Quando a medição indicar um valor ôhmico infinito, ou seja, circuito aberto, isso indica que as pontas em medição correspondem a bobinas diferentes.



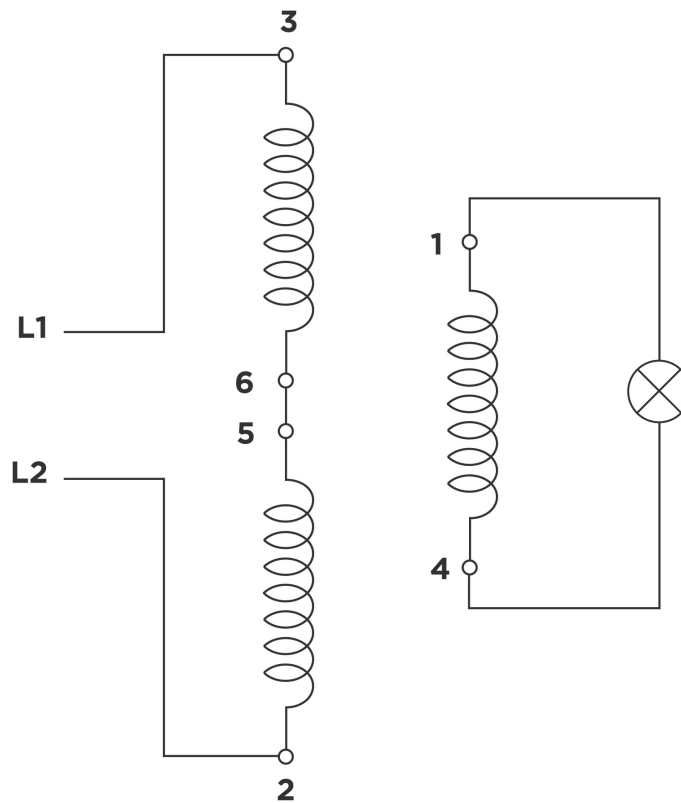
Procedemos às medições em todos os terminais até termos encontrado todos os pares de fios referentes às suas bobinas. Em seguida, arbitramos os números nos condutores relativos a cada bobina. Exemplo: em uma das bobinas, atribuímos 1 e 4; em uma outra, 2 e 5, e na última, 3 e 6. Utilizamos uma lâmpada de baixa corrente nominal ($< 1\text{ A}$) ou um voltímetro, ligamos segundo o desenho abaixo:



Se a lâmpada acender, é porque a sequência numérica dos terminais arbitrado está errada. Devemos permanecer com a sequência escolhida

da primeira bobina: terminais 1 e 4, e inverter os terminais 2 e 5 da bobina correspondente (inverter o 2 e o 5). Repetindo o procedimento de alimentação do circuito acima, a lâmpada não deverá acender, indicando a sequência correta dos terminais 1 e 4, assim como 2 e 5.

Feito isto, repetimos o processo com a bobina que estava conectada à lâmpada e a ligamos em série com uma das bobinas já verificadas; procedemos às ligações conforme o diagrama abaixo para verificação da sequência da última bobina.



Da mesma forma, se a lâmpada acender, a ligação dos terminais de número 3 e 6 está invertida; caso a lâmpada não acenda, a ordem escolhida é a correta. ■

unidade

16

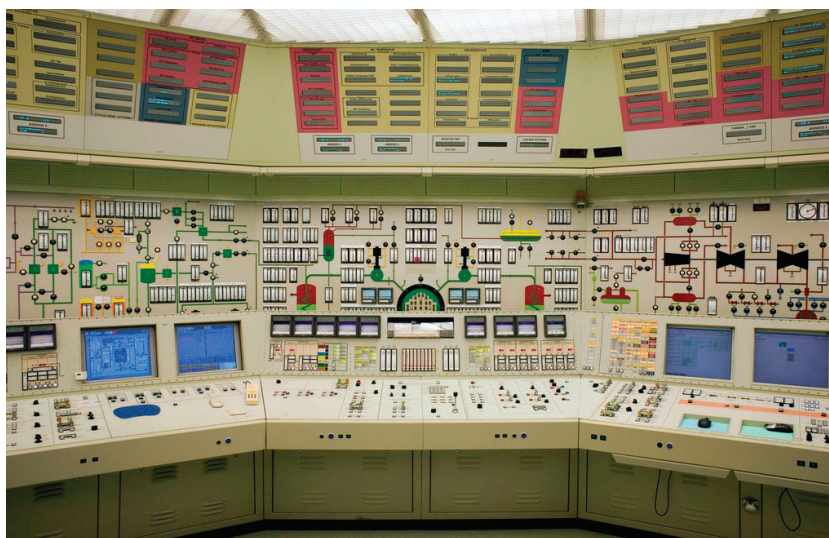
Noções de Comandos Elétricos

1

Chave Magnética



Comandos elétricos são dispositivos elétricos ou eletrônicos usados para acionar motores elétricos e equipamentos elétricos. São compostos de uma variedade de peças e elementos, dentre eles, contatores, botões temporizadores, relés de comando, relés térmicos e fusíveis. Esses dispositivos podem ser divididos, basicamente, em dispositivos de comando, dispositivos de carga e dispositivos de proteção. Uma grande parte das máquinas, em oficinas e na indústria, é acionada por motores elétricos. Para manobrar essas máquinas, são necessários dispositivos que permitem um controle sobre motores elétricos. Esses dispositivos de controle são, nos casos mais simples, interruptores também chamados chaves manuais.



Para motores de maior potência e para máquinas complexas, usam-se comandos elétricos, automáticos e, muitas vezes, sofisticados. Os comandos elétricos permitem um controle sobre o funcionamento das máquinas, evitando, ao mesmo tempo, manejo inadequado pelo usuário e, além disso, dispõe de mecanismos de proteção para a máquina e para o usuário. Melhoram o conforto para manejar máquinas, usando simples botões. Permitem também controle remoto das máquinas.

Princípio de funcionamento de uma Chave Magnética

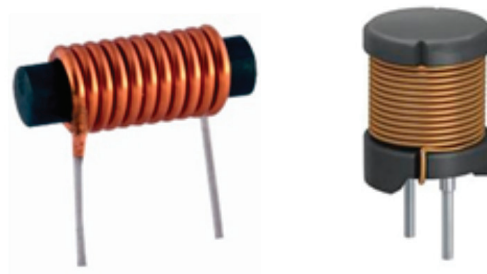


Quando acionamos um interruptor de luz, comandamos uma lâmpada a uma certa distância.

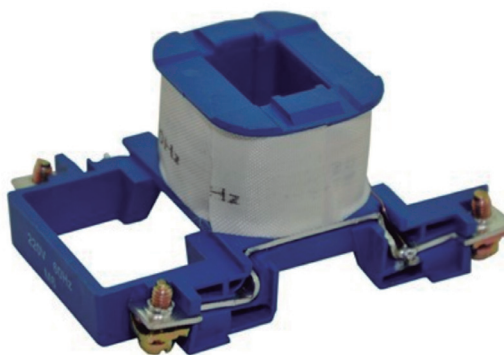
A posição “liga-desliga” de um interruptor permite, com um tocar de dedos, que a corrente de carga circule ou não através do contato do interruptor. A partir de um interruptor liga-desliga, iremos energizar, a distância, a **bobina** de uma chave contatora (chave magnética) que, por sua vez, devido a sua pequena potência elétrica, consumirá uma pequena intensidade de corrente elétrica, proporcionando a energização da **bobina**, por meio de uma fiação de seção reduzida e uma corrente sobre o interruptor de valor igual.

Com a energização da bobina da chave contatora, estamos - por meio do fechamento de contato desta chave, que obedece ao movimento de uma âncora para cima do núcleo - energizando a carga próxima a esta.

Abaixo, podemos observar dois modelos de bobinas de uso geral:



Exemplo de bobinas de indução magnética

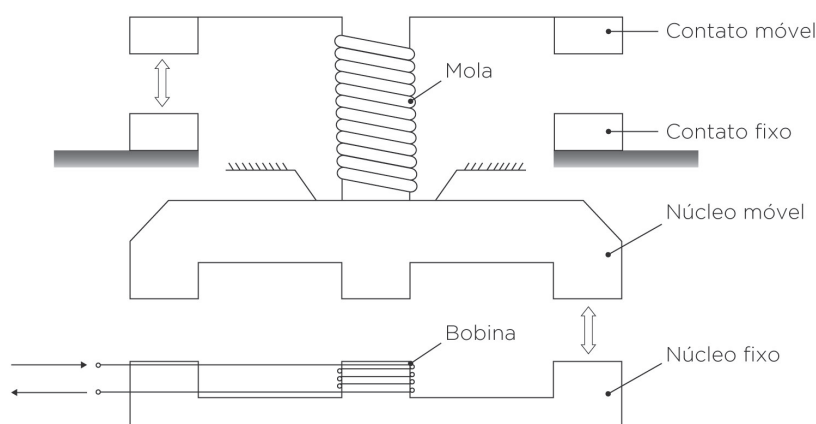


Bobina contatora

Os contatos da chave são dimensionados em função da carga a ser energizada, assim como a fiação que realiza a interligação.

Para melhor entendimento do que estamos pretendendo mostrar, vamos fixar uma das extremidades da âncora ao núcleo, mas sendo esta capaz de se movimentar através de um eixo. A extremidade oposta da âncora será mantida suspensa pelo esforço exercido por uma mola em sentido contrário.

A figura a seguir mostra que, através do contato móvel (este com movimento para cima do núcleo fixo, conseguido com a energização da bobina), é possível efetuar a abertura e o fechamento de contatos, que por sua vez irão realizar ou interromper a alimentação de uma determinada carga.



A seguir, podemos observar os principais componentes de uma contatora (chave magnética).

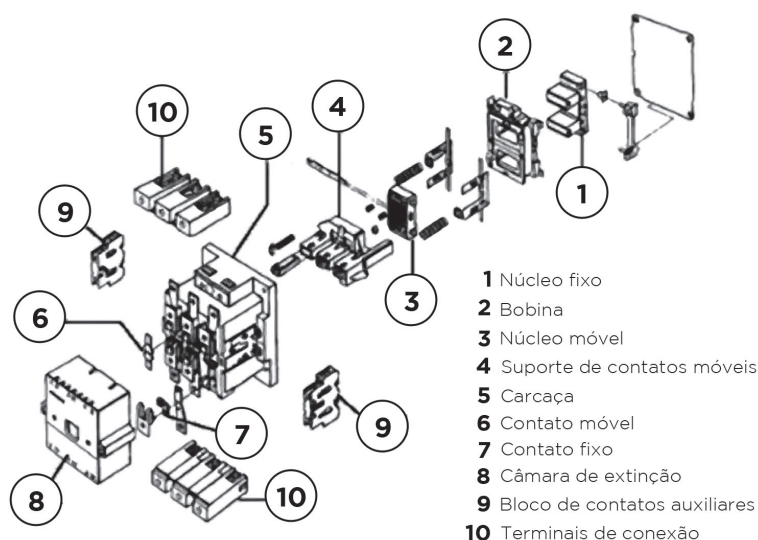


Diagrama explodido de contatora

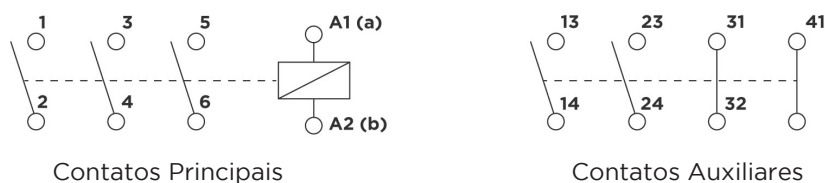
Vemos, então, que a chave contatora nada mais é que um interruptor de acionamento eletromagnético que permite comandar a energização de uma carga sem que, com isto, venhamos a manipular os contatos da chave manualmente.

A chave contatora é empregada em elevadores, guinchos, esteiras rolantes, bombas, automatização industrial entre outros. É importante a exata compreensão de seu funcionamento para que possamos empregá-la de forma adequada e segura. ■

2 Dispositivos de Proteção e Comando

Componentes básicos de comandos elétricos

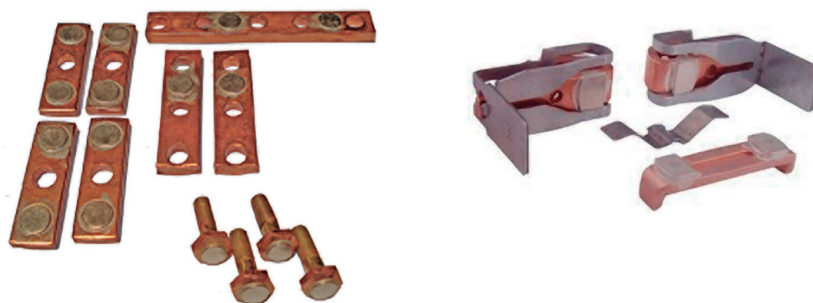
Os contatores são basicamente constituídos de núcleo, bobina e contatos, os quais são denominados de principais e auxiliares. Apresentam-se quando a bobina do contator está desenergizada, de forma Normalmente Aberta (NA) ou Normalmente Fechada (NF).



Contatos Principais

Contatos Auxiliares

Os contatos principais são os responsáveis pela energização da carga. Numerados conforme as normas, são identificados por um dígito nos terminais (1, 3, 5) que recebem a alimentação da rede, enquanto os demais terminais (2, 4, 6) alimentam a carga.



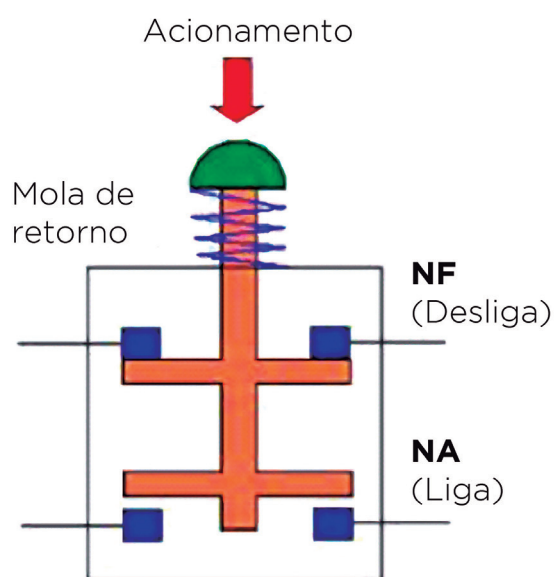
Contatos (Platinado)

Os contatos auxiliares são identificados por dois dígitos: o 1º dígito representa o número sequencial de contato e o 2º dígito representa a função deste contato (NA ou NF). Os numerados com 3 e 4 são abertos, e os numerados com 1 e 2, fechados. A bobina é a responsável pelo funcionamento do contator, ou seja, abertura e fechamento dos contatos. Seus terminais de ligação são identificados por A1 e A2 ou a e b.

Botões e Botoeiras

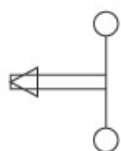


São componentes usados para comandar um contator a distância. A um conjunto de botões, denominamos botoeira. Existem botoeiras no mercado, com 2, 3, 4 ou mais botões.

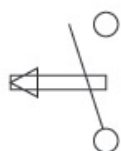


Botoeira com 1 contato Normalmente Fechado (NF) e 1 contato Normalmente Aberto (NA)

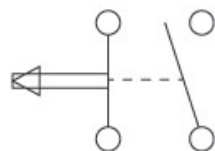
Simbologia



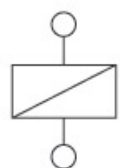
Botão simples Normalmente Fechado: abre por impulsão



Botão simples Normalmente Aberto: fecha por impulsão

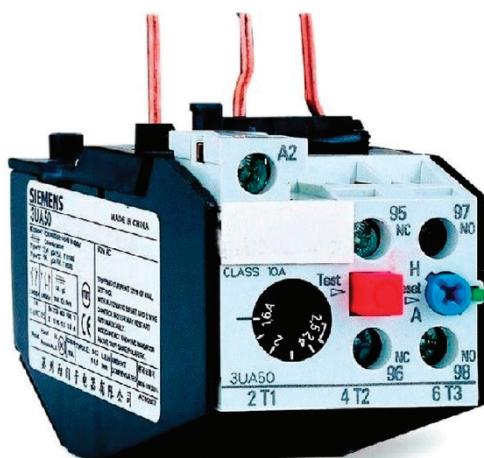


Botão duplo: possui um contato Normalmente Fechado e outro Normalmente Aberto. Atua por impulso, sendo que o contato NF abre antes de o NA se fechar.

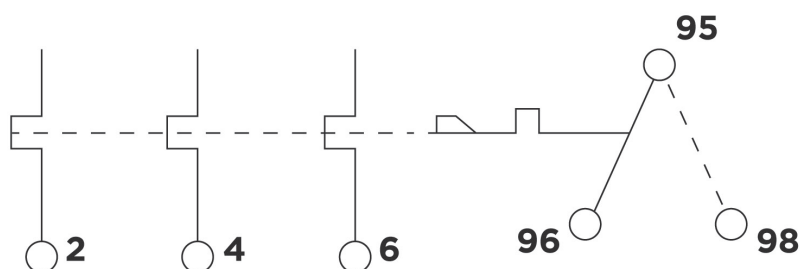


Bobina do contator

Relé térmico ou de sobrecarga



É um componente que será acoplado ao contator e tem como finalidade efetuar uma proteção contra sobrecarga.



A corrente de sobrecarga é uma corrente superior à corrente nominal e muito inferior à corrente de curto-circuito, a qual, caso se mantenha circulando pelo enrolamento do motor, poderá queimá-lo.

A corrente nominal da carga (motor) deverá estar contida dentro da faixa de ajuste do relé.

Fusíveis tipo diazed e NH



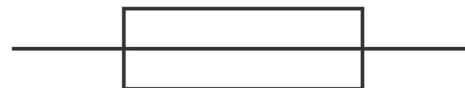
Fusível tipo Diazed



Fusível tipo NH

São elementos intercalados ao circuito com o objetivo de interrompê-lo sob condições anormais de curto-circuito. ■

Simbologia →



Diagramas de Comando e Principal

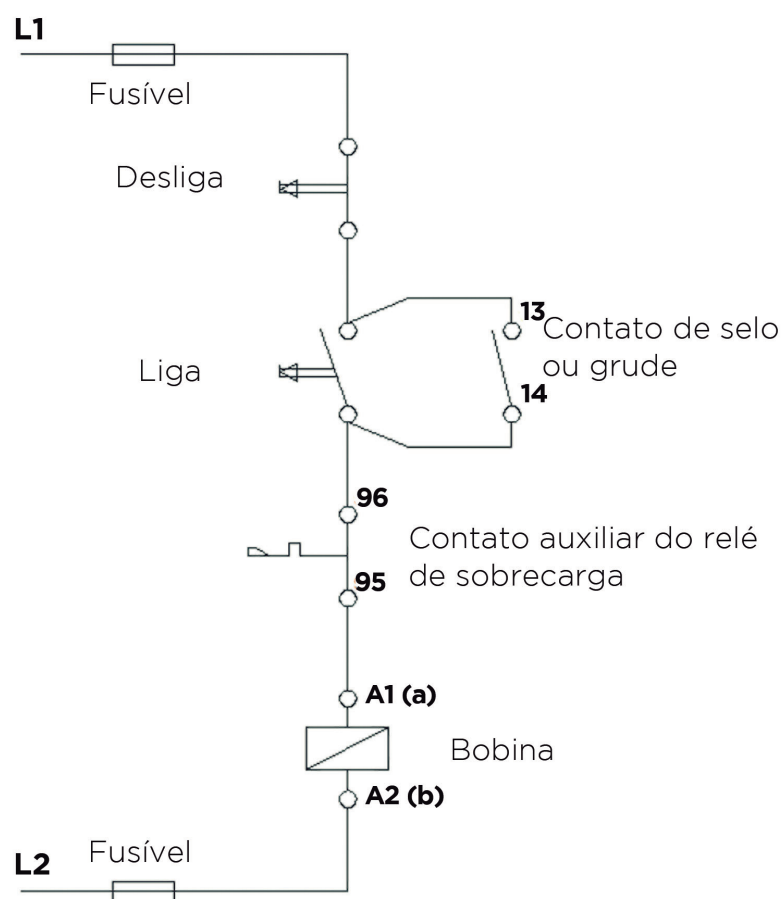
3

É importante utilizar contadores e relé para que se possa garantir uma ligação rápida e segura do motor, bem como o desligamento do motor em caso de sobrecarga ou falta de fase.

1. Proporcionar a proteção efetiva do operador, pois, a potência da carga é bem maior que a potência de comando e, assim, as altas correntes de carga ficam isoladas.
2. Pela possibilidade de contato não manual devido ao comando a distância por meio de dispositivos, tais como: temporizadores, chaves de boia, pressostatos, termostatos, chaves fim de curso, etc.
3. Pela possibilidade de simplificação do sistema de operação e supervisão da instalação.

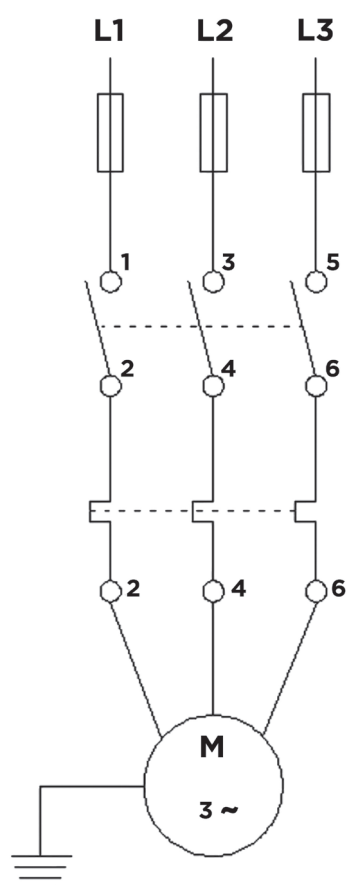
Primeiramente, vamos ver o diagrama de comando, que é a parte que lida com as correntes baixas do circuito e que geralmente fica mais próxima do operador.

Comando ou Auxiliar



Agora, vamos ver o diagrama do circuito principal ou força, que fica próximo à carga e lida com correntes altas do circuito:

Principal ou Força



E, finalmente, temos o diagrama funcional, que nada mais é que a junção dos dois circuitos anteriores. É o circuito elétrico de ligação do motor, ou qualquer outra carga, finalizado:

[illegible]

Os motores monofásicos também podem ser acionados por chaves de partida automática, modificando-se apenas o diagrama do circuito principal, sendo o circuito de comando o mesmo do trifásico.

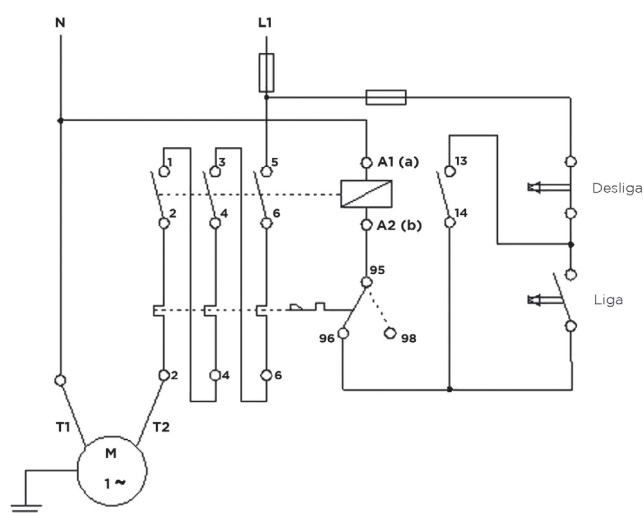


Diagrama ligação motor fase/neutro

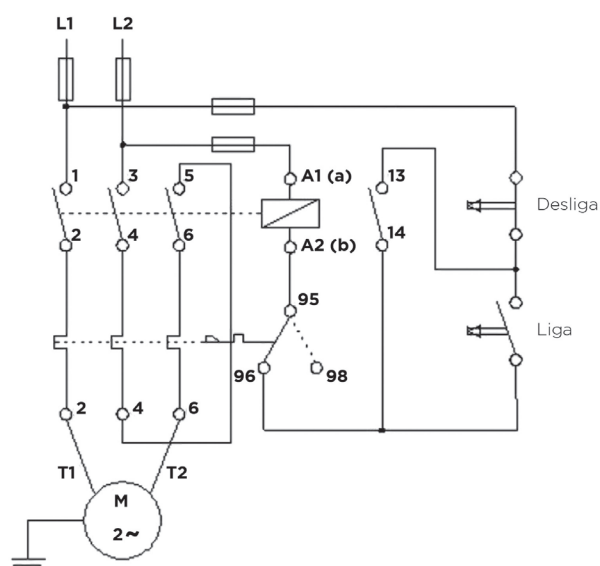


Diagrama ligação motor fase/fase

Observação:

1. Para usar todos os elementos térmicos do relé de sobrecarga, devemos ligá-los da forma apresentada acima.
2. Caso o comando Liga-Desliga necessite ser feito de dois ou mais pontos distintos, ligam-se todos os botões de desligar em série com o botão de desligar já existente e quantos botões de ligar, em paralelo com o botão ligar já existente, forem necessários. ■

4

Chave Reversora Automática de Partida Direta

A finalidade da chave reversora automática trifásica é a obtenção da inversão do sentido de giro de motores de indução trifásico.

Seu emprego bastante difundido pode ser exemplificado por meio de uma ponte rolante, guincho, elevadores, isto é, quando se tem necessidade de controlar o movimento de avanço ou retrocesso automático de um dispositivo motorizado de uma máquina, o que se consegue com o emprego de dois contatores, cujas bobinas serão energizadas pelo acionamento de botões de uma botoeira.

A inversão do sentido de giro (rotação) de um motor trifásico é conseguida pela comutação (troca) de duas fases quaisquer da rede.

DIAGRAMA DO CIRCUITO DE COMANDO

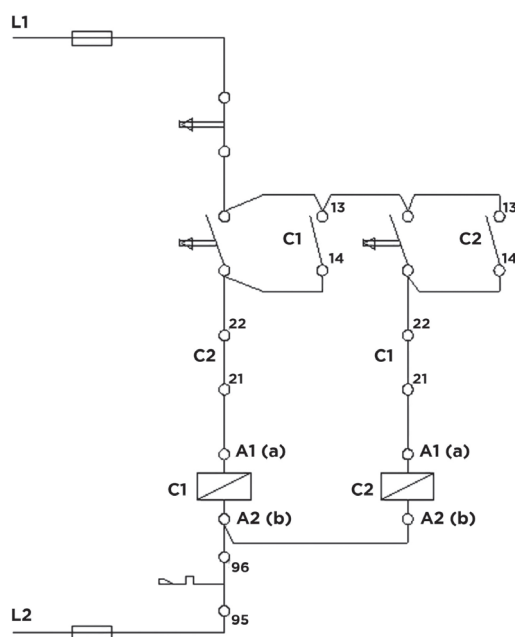
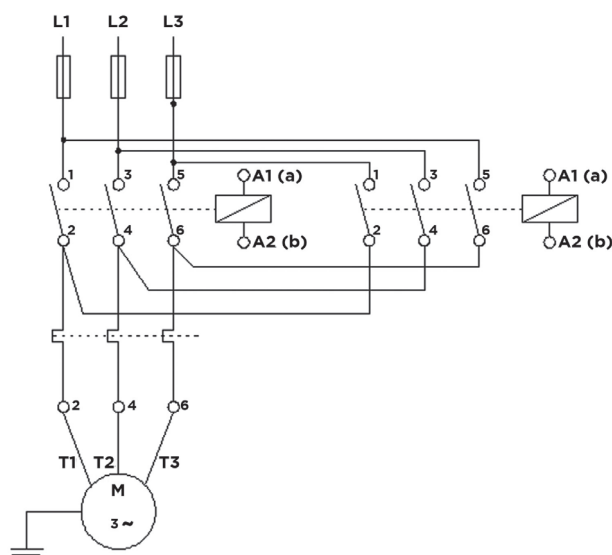
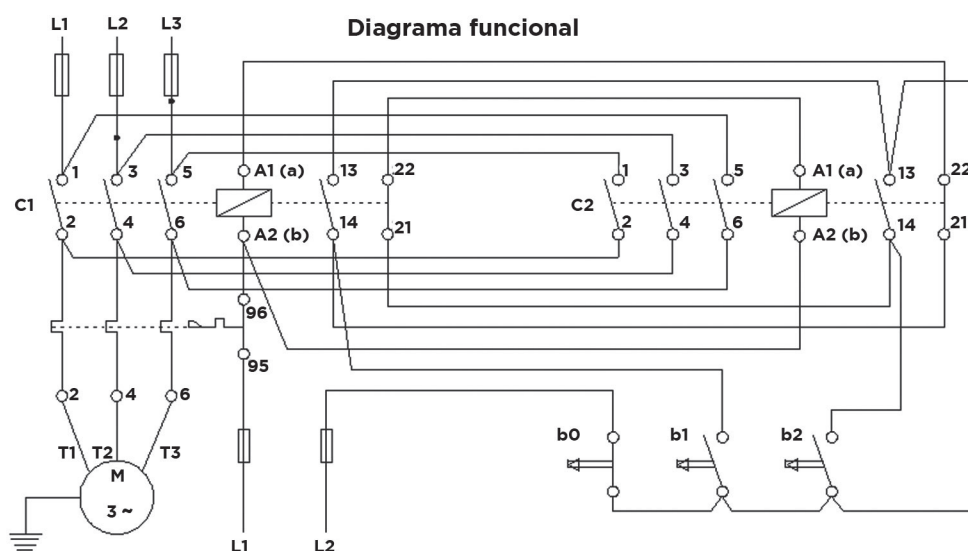


DIAGRAMA DO CIRCUITO PRINCIPAL



É importante observar, no diagrama do circuito de comando, a impossibilidade de termos os contatores C1 e C2 operando ao mesmo tempo, o que acarretaria um curto-circuito no sistema, proporcionado pelo fechamento dos contatos principais, interligando entre si duas fases da rede.



SEQUÊNCIA OPERACIONAL

Estando sob tensão as fases L1, L2 e L3, ao acionarmos o botão b1, por exemplo, como o contator C2 não se encontra energizado através do seu contato NF/21-22, energiza-se a bobina do contator C1. Seu contato NF/21-22 abre, impedindo que, enquanto o contator C1 estiver operando, o contator C2 possa vir a ser energizado. Após a abertura do contato auxiliar NF/21-22 de C1, os contatos auxiliares NA e principais do mesmo contator se fecham.

No diagrama de comando, o contato auxiliar NA/13-14, que fica em paralelo com o botão Liga b1, tem como finalidade substituir este, que volta a se abrir, quando deixa de ser pressionado pelo operador da máquina.

Esta é a razão pela qual ele recebe a denominação de selo ou grude, já que a finalidade deste contato é manter a bobina do contator C1 energizada.

É através do fechamento dos contatos principais do contator C1, que continuarão fechados enquanto a bobina do respectivo contator se mantiver energizada, que chegará energia aos terminais do motor, fazendo com que ele gire em determinado sentido.

É o diagrama do circuito principal (força) que nos mostra a energização do motor através do contator C1 e as fases L1, chegando ao terminal T1 do motor, L2, ao terminal T2, e L3, ao terminal T3.

Quando se desejar desligar o motor, o que será conseguido com a desenergização do contator C1, bastará que se pressione o botão b0, interrompendo a alimentação do circuito.

A inversão do sentido de giro será conseguida, se, com a desenergização do contator C1, acionarmos o botão b2. Como o contator não se encontra energizado, é através do seu contato NF/21-22 que se completa o circuito para a energização da bobina do contator C2.

Com a energização do contator C2 seu contato NF/21-22 abre, impedindo que, enquanto este estiver operando a bobina do contator C1, possa vir a ser energizado.

Após a abertura do contato NF/21-22 de C2, os contatos auxiliar e principal NA do mesmo contator se fecham. Como já sabemos, o contato auxiliar NA/13-14, em paralelo com o botão b2, é o contato de selo por meio do qual será mantida a energização da bobina do contator C2.

Observa-se, agora, que, com o fechamento dos contatos principais do contator C2, ocorre a troca de duas fases da rede de alimentação sobre os terminais do motor, fazendo com que este gire em novo sentido.

É o diagrama do circuito principal (força) que nos mostra a energização do motor através do contator C2 e as fases L1, chegando agora ao terminal T3 do motor; L2, mantida no terminal T2, e a fase L3, chegando agora ao terminal T1 do motor.

Observação:

Visando um elevado pico de corrente por tempo prolongado, o operador deverá ser orientado para que o processo de reversão só seja efetuado após a parada do motor.

Quando for necessário inverter rapidamente a sentido de giro do motor, este deverá ser dotado de um sistema de freio.

ATENÇÃO:

Jamais acione (pressione) o pino preto indicador de Liga/Desliga, usado também para testes do contator desenergizado, com o contator energizado, pois caso o contator estiver com problema interno ou se houver algum problema na rede de energia elétrica ou o equipamento apresentar defeito após o contator, ele poderá explodir e/ou gerar arco voltaico de amplas proporções. ■

Chave Manual Estrela/Triângulo

5

INSTALAÇÃO E FUNCIONAMENTO DE MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO COM PARTIDA ESTRELA/TRIÂNGULO (Y/ Δ) ATRAVÉS DE CHAVE MANUAL



Os fornecedores de energia elétrica exigem o emprego de dispositivos especiais para dar a partida em motores trifásicos de rotor em curto-circuito (tipo gaiola de esquilo), a fim de evitar perturbações no funcionamento de outras instalações.

Além da chave estrela/triângulo, existem vários dispositivos para esta finalidade, tais como: chave Soft starter, Inversor de frequência, etc.

As chaves estrela/triângulo de comando manual são dispositivos elétricos capazes de comandar a partida de motores de indução trifásicos com a finalidade de reduzir a corrente de partida dos motores, que chega a ser de 4 a 10 vezes superior à corrente nominal.

O inconveniente de uma elevada corrente de partida é que a esta pode provocar o desligamento de circuitos, diminuir os níveis de iluminação, entre outros.

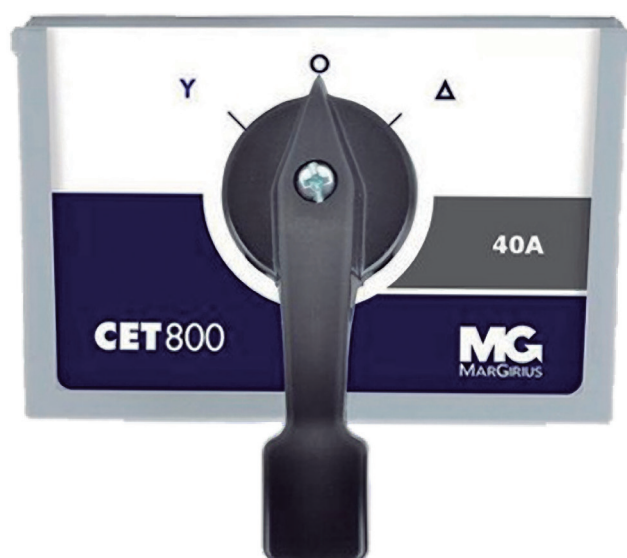
Se ligarmos um motor inicialmente em estrela e comutarmos a ligação posteriormente para triângulo (ligação nominal para o nível de tensão da rede), teremos a corrente de partida reduzida em cerca de um terço ($1/3$) de seu valor.

Observação: Quando não se está aplicando nenhum método que vise à redução da corrente de partida de um motor, diz-se que o motor está partindo à plena tensão ou tem partida direta.

REQUISITOS BÁSICOS A SEREM ATENDIDOS PARA QUE SE POSSA FAZER O EMPREGO DE UMA CHAVE ESTRELA/TRIÂNGULO (Y/ Δ)

1. O motor terá que aceitar tanto a ligação estrela como a ligação triângulo.
2. A tensão da ligação triângulo do motor tem que coincidir com a tensão de linha da rede e a tensão em estrela do motor deve ter 1,73 vezes a tensão da ligação triângulo.
3. O motor deverá partir a vazio ou com no máximo 50% da carga nominal.
4. O motor deverá ter no mínimo seis terminais de ligação.

LEVANTAMENTO ELÉTRICO DE UMA CHAVE ESTRELA/TRIÂNGULO (Y/ Δ)



Fabricante: MARGIRUS CET-800

Tensão: 500v

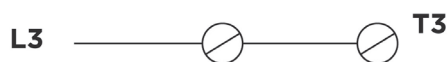
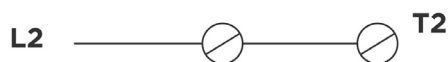
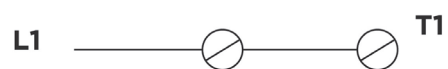
Amperagem: 40A

Observe os terminais numerados do motor:

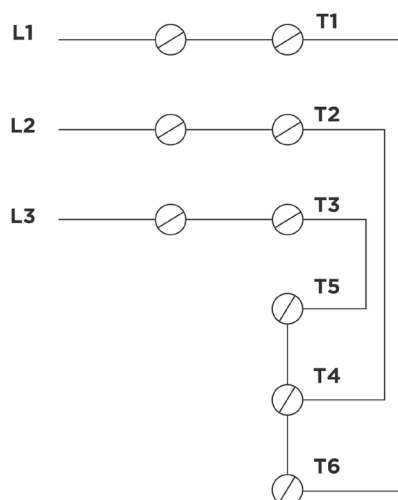


Ligação Y

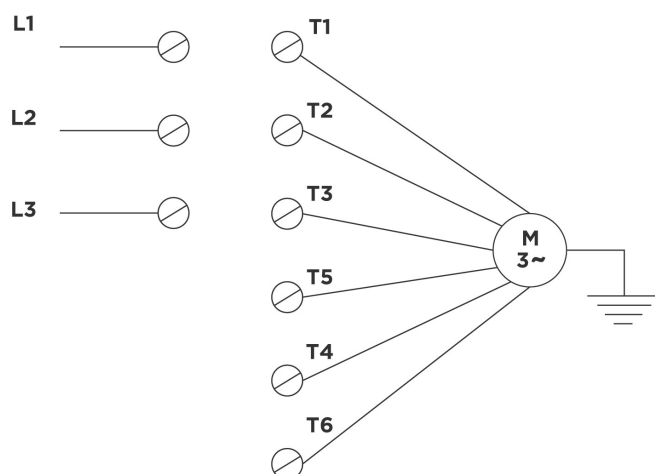
Ligação Y



Ligação Δ

Ligação Δ 

Ligação do motor a chave

Ligação do motor à chave**Observação:**

1. Na hora de ligar os terminais do motor a chave, devemos seguir o esquema fornecido pelo fabricante.
2. Quando se tratar de chaves usadas, em que o esquema de ligação não mais exista, devemos através de uma lâmpada de teste (série) fazer o levantamento das interligações existentes entre os conatos da chave nas suas diferentes posições. ■

unidade

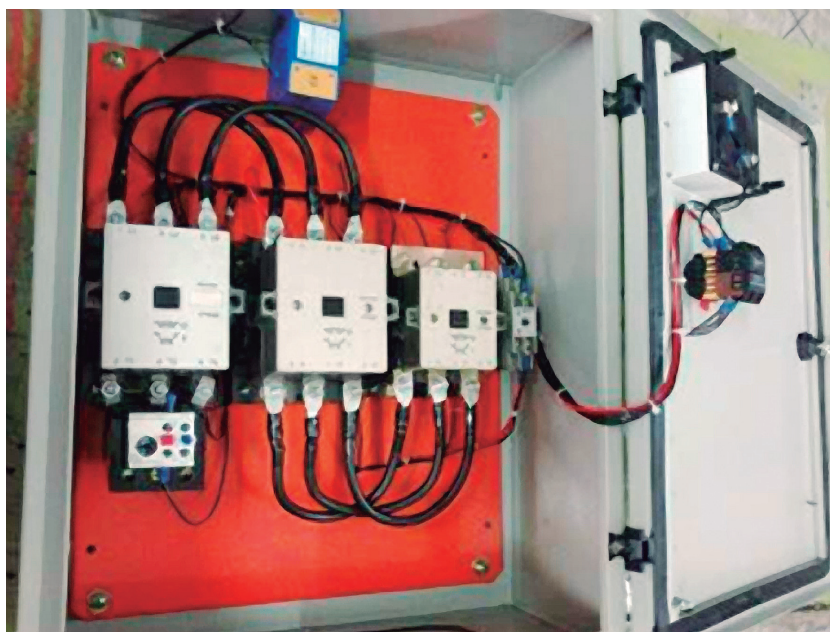
17

Chave Y/Δ Automática e Eletrobomba

1

Chave Estrela/ Triângulo Automática

**MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO COM
PARTIDA ESTRELA/TRIÂNGULO (Y/ Δ),
ATRAVÉS DE CONTATORES E RELÉ
TEMPORIZADOR**



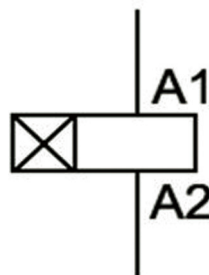
A chave estrela/triângulo automática tem como finalidade, assim como a manual, a redução da corrente de partida dos motores de indução trifásicos com rotor em curto-circuito (tipo gaiola de esquilo), só que a comutação da ligação de estrela para triângulo se faz automaticamente sem a interferência do operador da máquina.

A passagem do primeiro estágio de aceleração (com redução da corrente de partida a 1/3 do seu valor) para o segundo estágio (ligação do motor

a plena tensão); sendo realizada por relé temporizador, com tempo ajustável em segundos, possibilita a comutação no momento exato, não havendo problemas com o tempo da passagem de (Y/Δ), pois este não depende do operador, como acontece quando operamos com chaves manuais.



Relé temporizador



Simbologia

O relé temporizador ou timer é o componente com a capacidade de realizar operações de chaveamento com manipulação de tempo. As principais funções deste tipo de relé são retardo na energização e retardo na desenergização e geração de pulsos.

O mecanismo do relé temporizador realiza a comutação dos contatos de saída do relé. Este mecanismo pode ser realizado por um sistema eletromecânico, com eletrônica convencional ou por um sistema microprocessado. O relé temporizador pode ser de dois tipos:

On-dellay:

Quando a bobina de um relé temporizador on-delay é energizada (ou, no caso de modelos de estado sólido, as entradas), os contatos mudam os estados depois de um tempo predeterminado.

Off-delay:

Quando a bobina ou entrada de um relé temporizador off-delay é energizada, os contatos mudam imediatamente os estados e, depois de um tempo predeterminado, voltam para a posição original.

Para podermos especificar corretamente um temporizador, é necessário observar:

Escala de Tempo - É o intervalo de tempo que este temporizador precisa ter para operar no sistema em que ele será aplicado.

Exemplo: 0-2s ou 0-60s ou 0-60min

Função - É o tipo de operação do temporizador. Este aspecto tem que ser observado com muita atenção, pois a função do temporizador definirá o resultado da ação que este tomará quando for acionado.

Retardo na energização (Função E) - O temporizador inicia uma contagem de tempo imediatamente quando sua bobina é alimentada, porém o seu contato (saída) só é acionado após o tempo determinado.

Retardo na desenergização (A) - Nesta função, o relé (ou a saída do temporizador) é acionado imediatamente quando o pulso de start é acionado, porém, estando o temporizador ainda alimentado, quando o pulso de start é retirado, o temporizador inicia sua contagem e finaliza sua operação ao final do tempo predeterminado.

Alimentação - É o nível de tensão nominal da bobina do temporizador.

Exemplo: 24 VDC, 110VAC, 220VAC

Contato - É a parte da “saída” do temporizador que, na maioria dos casos, é um relé eletromecânico, porém existe uma tendência ao uso de temporizadores com saída TRIAC ou MOSFET, denominados temporizadores de Estado Sólido, por oferecerem uma vida elétrica muito maior.

Na área industrial, os temporizadores são largamente utilizados em processos produtivos, sejam estes microprocessados ou com eletrônica convencional.

Agora vamos ver como podemos montar um comando automático estrela/triângulo para a partida de motor trifásico.

Nesta nossa montagem, utilizaremos os seguintes componentes:

- 3 fusíveis para o circuito de carga
- 2 fusíveis para o circuito de comando
- 1 contatora tetrapolar com 1 contato auxiliar NA (220v)
- 1 contatora tetrapolar com 1 contato auxiliar NA (220v)
- 1 contatora tetrapolar com 2 contatos auxiliares NA e NF (220v)
- 1 relé térmico (sobrecarga)
- 1 relé temporizador (220v)
- 1 botões de impulso NA

- 1 botão de impulso NF
- 1 lâmpada piloto (220v)
- 1 motor trifásico de seis terminais (220/380v)

DIAGRAMA DO CIRCUITO PRINCIPAL

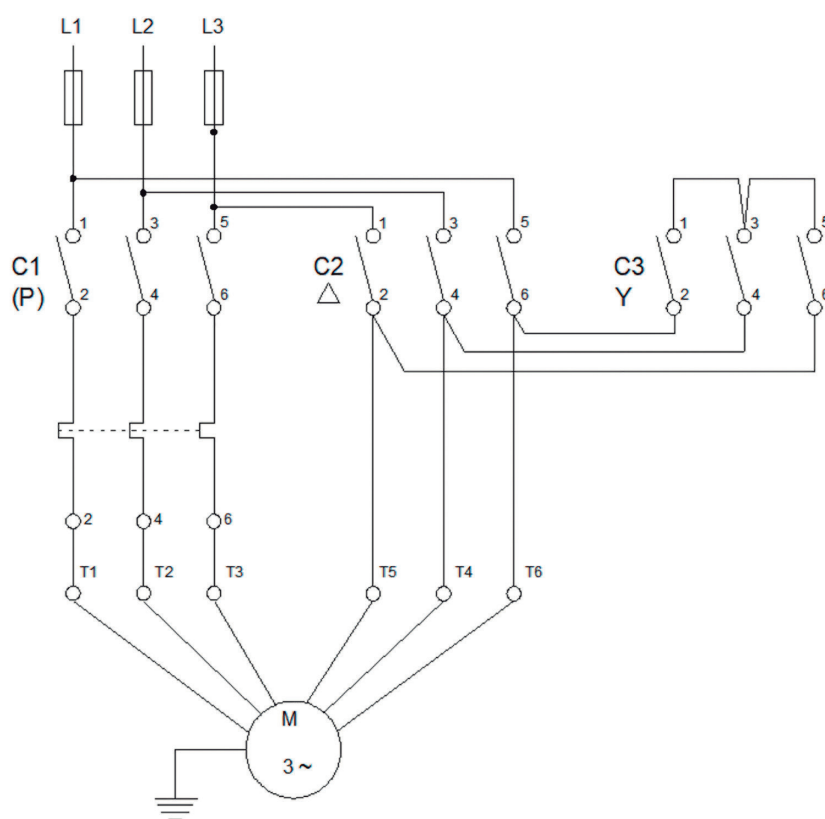
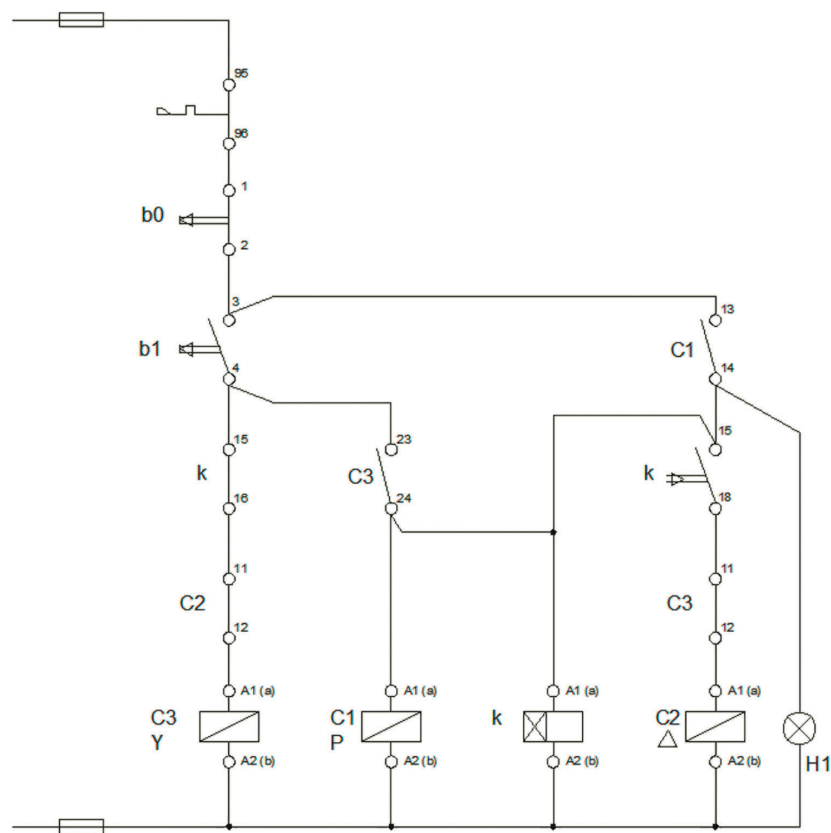


DIAGRAMA DO CIRCUITO DE COMANDO



SEQUÊNCIA OPERACIONAL

Ao acionarmos o botão liga (b1), através dos contatos NF/15-16 do relé temporizador (k) e do contato NF/11-12 de C2, a bobina do contatoor C3 é energizada.

O contato NF/11-12 do contatoor C3, em série com a bobina de C2, garante o intertravamento elétrico.

Agora, obrigando a que uma sequência ocorra, teremos os contatos, tanto auxiliares como principais NA do contatoor C3, fechados.

Com o fechamento dos contatos principais, observa-se no diagrama do circuito principal (força), a interligação automática em Y dos enrolamentos do motor; é por intermédio do fechamento do contato auxiliar de C3 NA/23-24, que o diagrama de comando nos mostra, a energização da bobina de C1, do relé temporizador (k) e da lâmpada de sinalização H1.

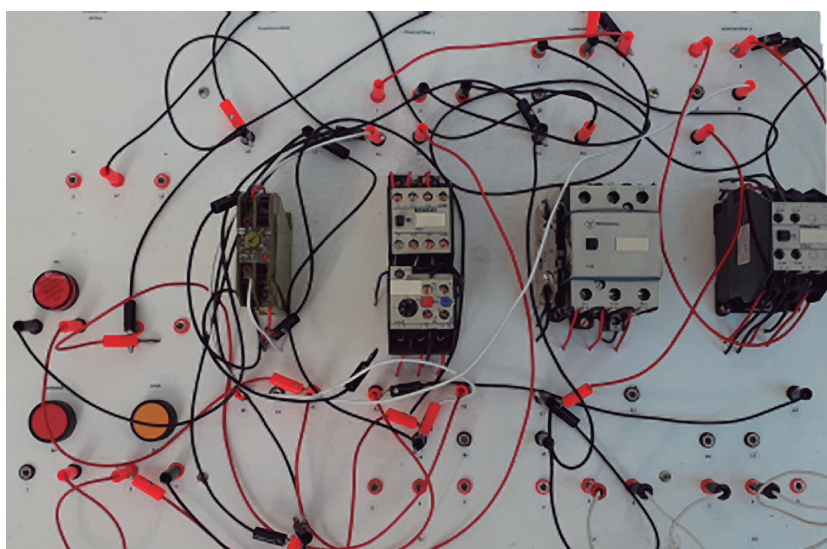
Com a energização do relé temporizador, inicia-se a temporização programada. Com o fechamento dos contatos principais de C1, o motor parte em estrela (1º estágio de aceleração).

É por intermédio do fechamento do contato auxiliar de C1 NA/13-14 que se observa a substituição do botão b1, bem como a manutenção da energização do sistema.

Uma vez terminada a temporização, o contato NF/15-16 do relé temporizador (k) abre, interrompendo a alimentação de C3, desfazendo a ligação estrela do motor (ver diagrama do circuito principal).

É com o fechamento do contato NA/15-18 do relé temporizador (k) que a energização de C2 se completa, fazendo-se assim a ligação triângulo (Δ) do motor (2º estágio de aceleração).

A desenergização do sistema se dará com o acionamento do botão b0 (desliga). ■



Montagem chave estrela/triângulo

2

Eletrobomba (Chave de boia)

Funcionamento e Instalação de Eletrobomba com Partida Manual e Automática, através de Chave de Boia



Chave de Boia tipo Pera

A chave de nível tipo pera pendular é uma excelente alternativa para controle simples de nível de diversos tipos de fluido.

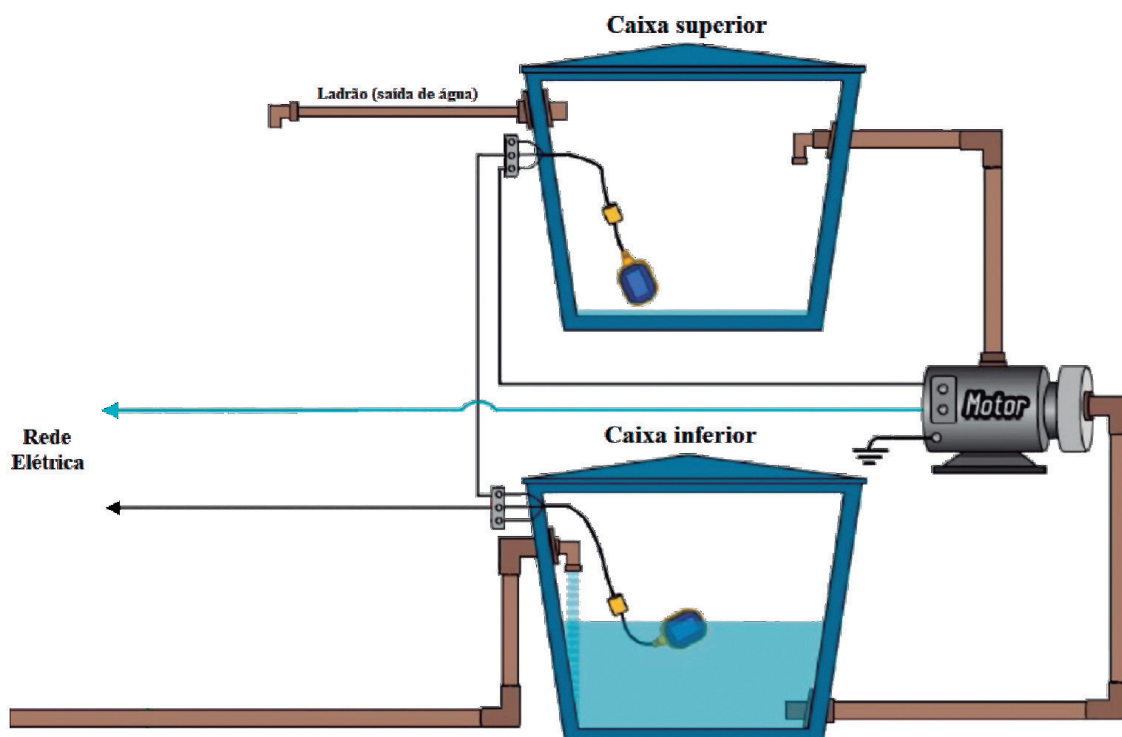
O Funcionamento deste tipo de chave é bem simples, basta que a chave de boia se incline, favorecendo o fechamento dos contatos eletromecânicos, ou em direção contrária a estes, abrindo-os e fazendo, assim, o acionamento ou o desligamento de uma eletrobomba.

Observação:

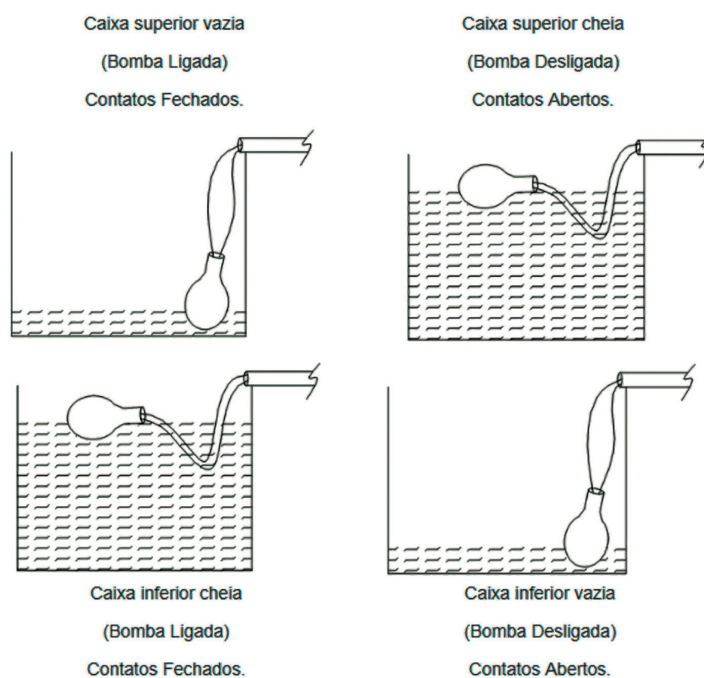
Em chaves de boias muito antigas, podemos encontrar o único metal líquido em temperatura ambiente encontrado na natureza, o mercúrio. O mercúrio era encerrado em uma ampola de vidro, que por meio do

seu movimento, abria ou fechava os contatos de saída da chave. Este elemento é altamente prejudicial à saúde, não devemos permitir que o mercúrio entre em contato com a pele.

Funcionamento da Chave de Boia, representação de diagramas:



A seguir, apresentamos os dois estados que cada chave de boia (superior e inferior) pode assumir mediante a posição em que ela se encontra em relação ao nível de água em cada caixa:



Agora, vamos analisar o diagrama elétrico da instalação de uma eletrobomba comandada por um conjunto de chaves de boia.

Eletrobomba Monofásica, representação de diagramas:

Diagrama Unifilar

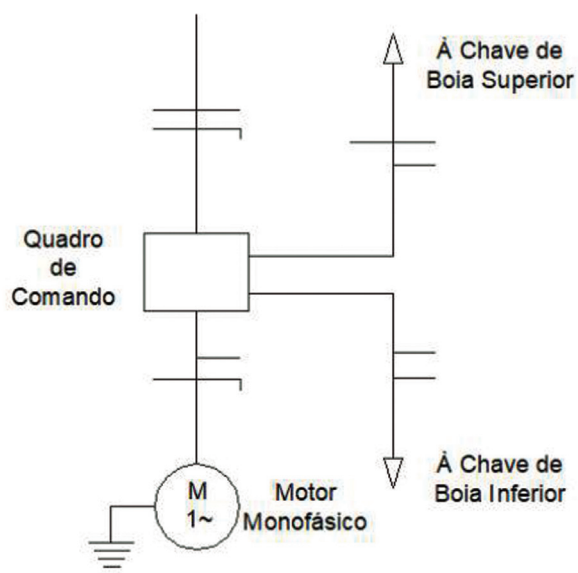


Diagrama Multifilar

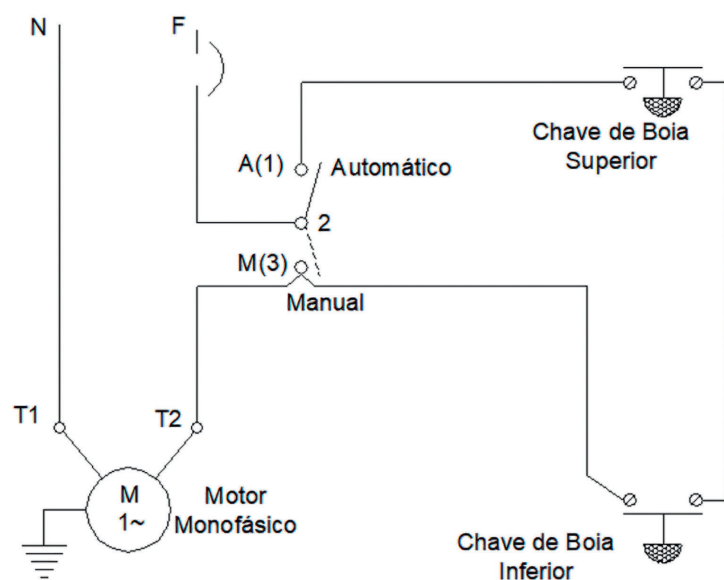
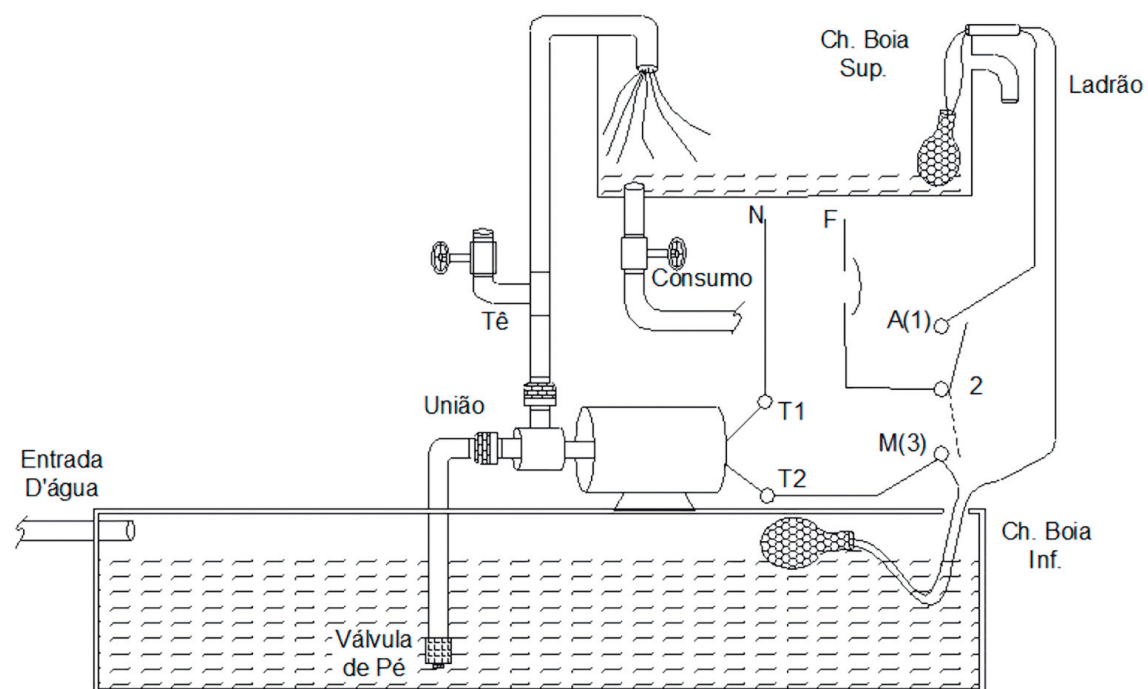


Diagrama Funcional



A alimentação do motor da bomba se dá a partir de uma rede monofásica, conectada através de um disjuntor.

A bomba pode ser comandada de dois modos:

1. **Manual** → quando a chave seletora está na posição “M”, fechando os contatos 2 e 3. Neste caso, o operador deverá ficar vigiando o nível da água nos dois reservatórios e desligar a bomba pelo dispositivo de proteção (DJ) quando o superior estiver cheio ou faltar água no inferior.
2. **Automático** → quando a chave seletora está ligada na posição “A”, fechando os contatos 1 e 2. Neste caso, a operação será automaticamente controlada pelas chaves de boia. O dispositivo de proteção poderá ser desligado em horários em que não se recomende o funcionamento da bomba. ■

3

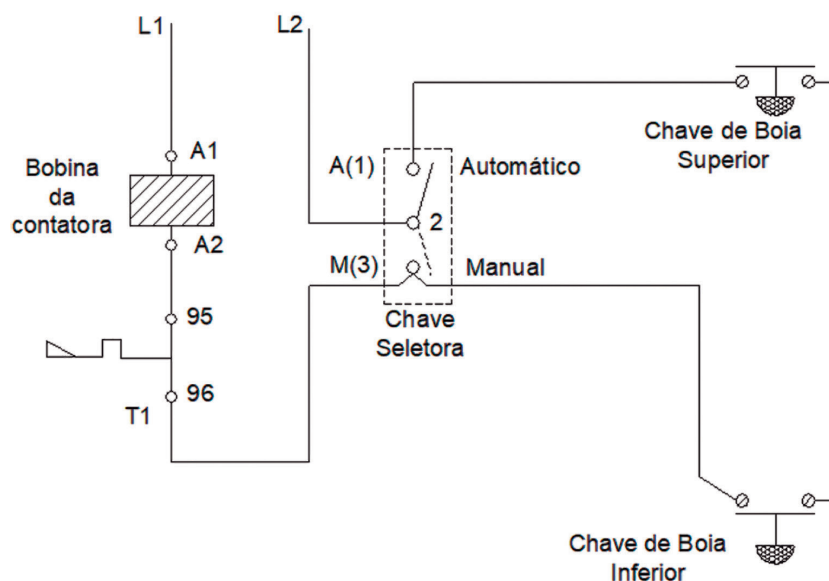
Eletrobomba através de Chave Contatora

Partida Automática de Eletrobomba Trifásica através do emprego da Chave Contatora

Quando precisamos controlar o nível de um reservatório de água através de um conjunto de chave de boia de um motor trifásico, ou a potência do motor é superior à capacidade da chave de boia ou a distância entre as chaves de nível e o motor é relativamente grande, temos de fazer uso de uma chave contatora para podermos manobrar o motor elétrico.

O funcionamento automático da eletrobomba trifásica é feito através de dois circuitos: o circuito de Comando (Auxiliar) e o circuito Principal (Força).

Diagrama do circuito de comando

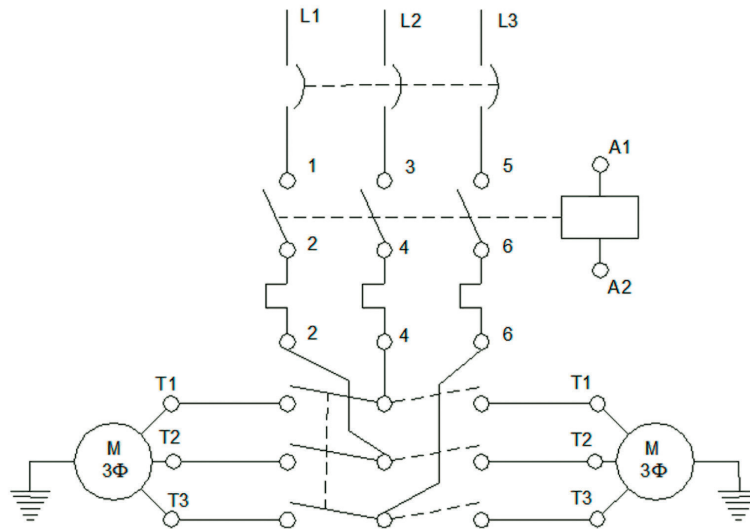


Funcionamento do Circuito de Comando.

Este circuito comanda a chave contadora para ligar ou desligar o motor, e sua alimentação é feita através da rede elétrica. O comando pode ser *manual* ou *automático*:

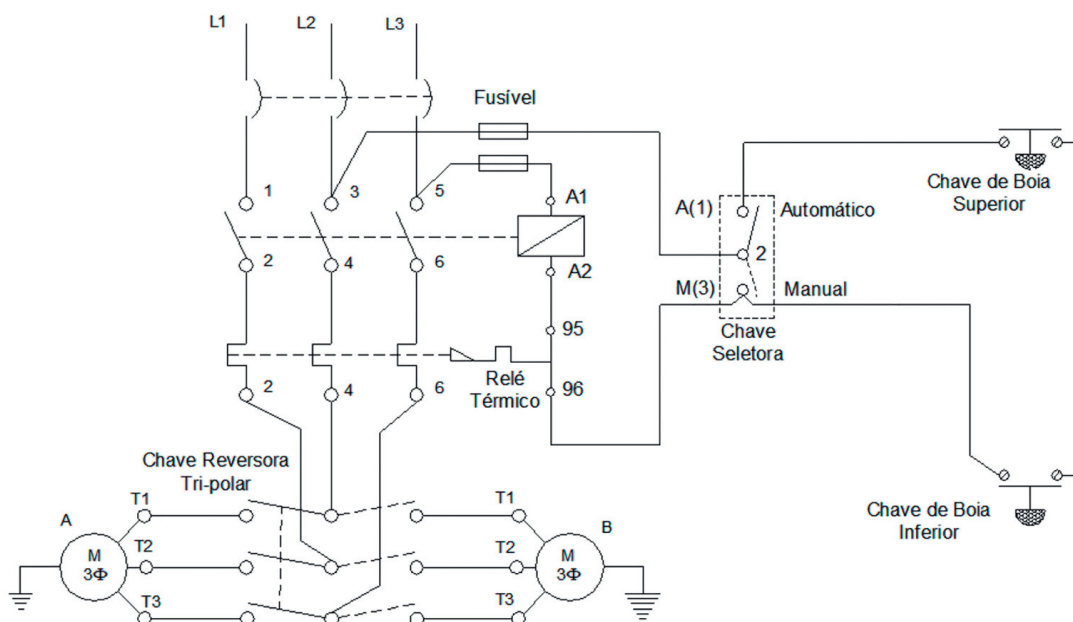
1. Manual - a chave unipolar reversora, quando está ligada na posição “M”, fecha os contatos 2 e 3; a bobina da chave contadora fica alimentada diretamente. Neste caso, a eletrobomba fica fora do controle das chaves de boia.
2. Automático - quando a chave seletora (unipolar reversora) está ligada na posição “A”, fechando os contatos 1 e 2, a eletrobomba, fica sendo controlada automaticamente, ligando e desligando através das chaves de boia. Neste caso, a eletrobomba só deverá ser desligada através da chave seletora em horários em que não se recomende o seu funcionamento.

Diagrama do Circuito Principal



O circuito principal é o que alimenta a eletrobomba a partir de uma rede trifásica. A corrente elétrica passa pelos disjuntores, pelos contatos principais da chave magnética (contadora), chegando assim até os bornes do motor da eletrobomba.

Diagrama Funcional



Sequencia operacional

Os fusíveis alimentam o circuito de comando, e o principal é alimentado através dos disjuntores e dos bornes 1, 3 e 5 da chave magnética.

Se o comando estiver atuando (por exemplo), as chaves de boia estando fechadas, a bobina será energizada fechando os contatos 1 ao 2, 3 ao 4 e 5 ao 6, portanto os bornes de saída 2, 4 e 6 alimentarão um dos motores (A ou B), de acordo com a posição da chave tripolar reversora, cuja função é selecionar qual das bombas entrará em serviço.

Este sistema, que usa duas bombas, visa garantir o suprimento de água no prédio no caso de manutenção de uma das bombas.

Obs.:

1. Ao se instalar um novo motor numa eletrobomba, verificar o sentido de rotação do motor que deve ser o mesmo do indicado no corpo da bomba através de uma seta.
2. O circuito de chave de boia 127/220V, no qual a chave de boia atua diretamente no motor, a capacidade de corrente elétrica dos contatos destas deve ter capacidade suficiente para suportar a corrente elétrica do motor.
3. Os motores monofásicos de grande potência deverão ser instalados mediante o emprego de uma chave magnética (contadora). Neste caso, as chaves de boia serão ligadas em série com a bobina da chave magnética (contadora). ■

