

3

Projeto das Instalações Elétricas

3.1 Projeto

É a previsão escrita da instalação, com todos os seus detalhes, a localização dos pontos de utilização da energia elétrica, os comandos, o trajeto dos condutores, a divisão em circuitos, a seção dos condutores, os dispositivos de manobra, a carga de cada circuito, a carga total etc.

De um modo geral, o projeto compreende quatro partes:

- a)** Memória — onde o projetista justifica e descreve a sua solução.
- b)** Conjunto de plantas, esquemas e detalhes — onde deverão constar todos os elementos necessários à perfeita execução do projeto.
- c)** Especificações — onde se descrevem as características técnicas do material a ser usado e as normas aplicáveis.
- d)** Orçamento — onde são levantados a quantidade e o custo do material e da mão de obra.

Para a execução do projeto de instalações, o projetista necessita de plantas e cortes de arquitetura, além de saber o fim a que se destina a instalação, os recursos disponíveis, a localização da rede mais próxima e quais as características elétricas da rede (aérea ou subterrânea, tensão entre fases ou fase-neutro etc.).

Na Figura 3.1, vemos o exemplo de parte do projeto de instalação de uma residência (parte b acima).

3.2 Símbolos Utilizados

A fim de se facilitar a execução do projeto e a identificação dos diversos pontos de utilização, lança-se mão de símbolos gráficos.

Na Figura 3.2, temos os símbolos gráficos para os projetos de instalações elétricas. Foram deixadas uma coluna para a simbologia mais usual e uma coluna para a simbologia normalizada pela NBR 5444:1989, que embora cancelada ainda é a simbologia utilizada, ficando a critério de cada projetista a simbologia a ser adotada.

Neste livro, serão desenvolvidos projetos utilizando a simbologia usual, pelo fato de já ser consagrada por seu uso em nosso país.

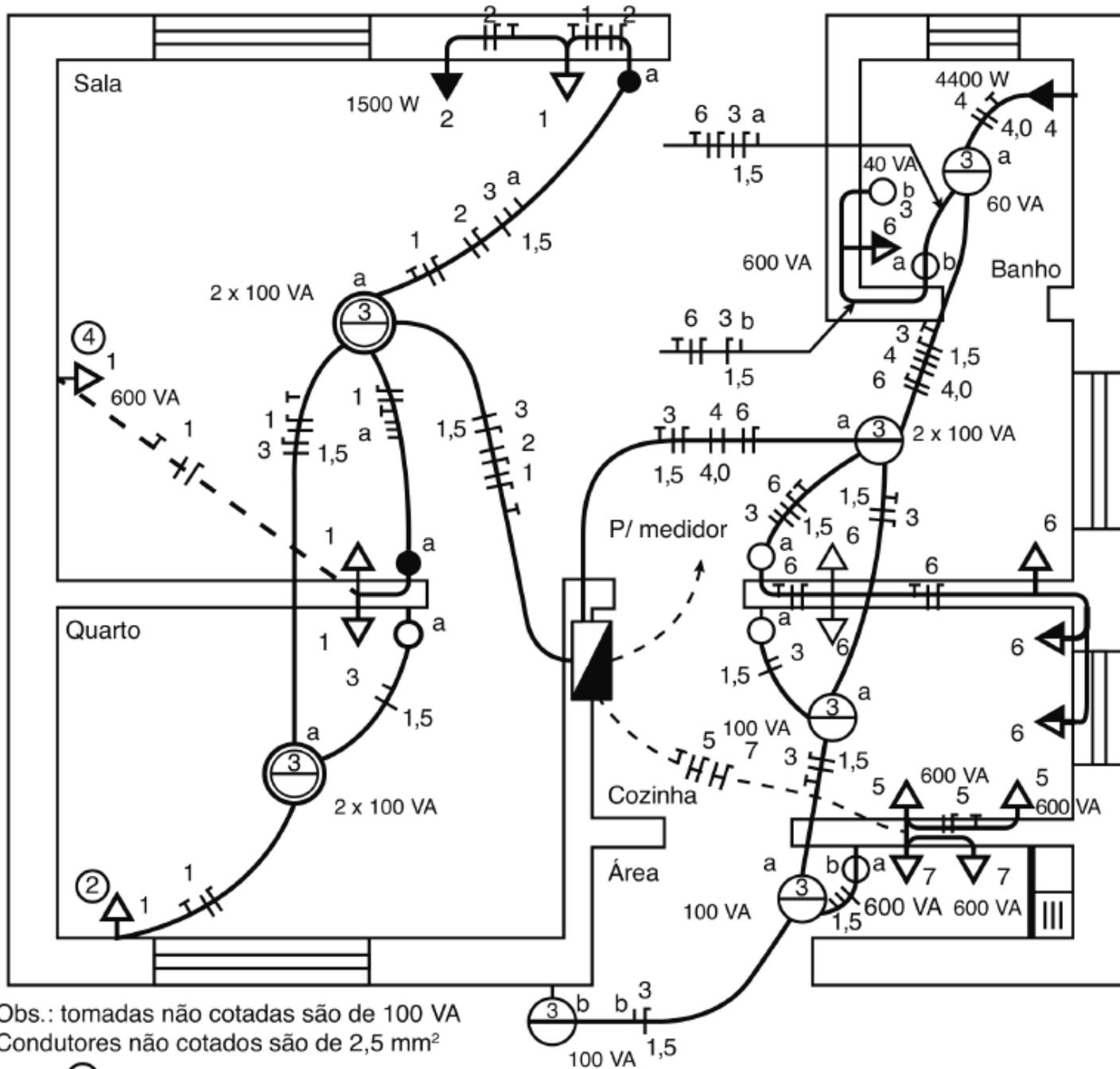
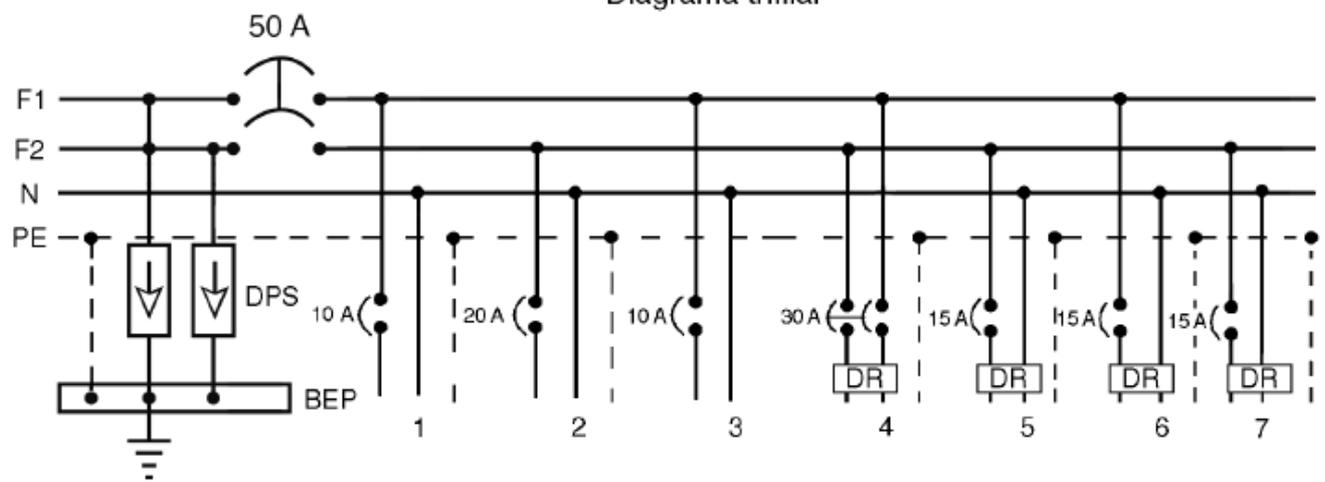


Diagrama trifilar



DR - Dispositivo diferencial-residual
 DPS - Dispositivo de proteção contra surtos
 BEP - Barramento de equipotencialização principal

Figura 3.1

Designação	Usual	NBR 5444	Designação	Usual	NBR 5444
a) Luminárias, refletores e lâmpadas a.1) Luz incandescente no teto a.2) Luz incandescente na parede a.3) Luz incandescente no teto (embutido) a.4) Luz fluorescente no teto a.5) Luz fluorescente na parede a.6) Luz fluorescente no teto (embutido) a.7) Luz incandescente no teto (vigia/emergência) a.8) Luz fluorescente no teto (vigia/emergência) a.9) Sinalização de tráfego (rampas, entradas etc.) a.10) Sinalização a.11) Refletor a.12) Poste com duas luminárias (externa) a.13) Lâmpada obstáculo a.14) Minuteria a.15) Luz de emergência na parede (independente) a.16) Exaustor b) Eletrodutos e distribuição b.1) Embutido no teto ou parede b.2) Embutido no piso b.3) Telefone no teto b.4) Telefone no piso b.5) Campainha, som, anunciador b.6) Condutor-fase no eletroduto b.7) Condutor neutro no eletroduto			b.8) Condutor de retorno no eletroduto b.9) Condutor terra no eletroduto b.10) Cordoalha de terra b.11) Leito de cabos b.12) Caixa de passagem no piso b.13) Caixa de passagem no teto b.14) Caixa de passagem na parede b.15) Eletroduto que sobe b.16) Eletroduto que desce b.17) Eletroduto que passa descendo b.18) Eletroduto que passa subindo b.19) Sistema de calhas no piso: I - Luz e força II - Telefone III - Telefone (PABX, KS, ramais) IV - Especiais (COMUNICAÇÕES) b.20) Condutor de 1,0 mm ² fase para campainha b.21) Condutor de 1,0 mm ² neutro para campainha b.22) Condutor de 1,0 mm ² retorno para campainha c) Quadros de distribuição c.1) Quadro parcial aparente (luz e força) c.2) Quadro parcial embutido (luz e força) c.3) Quadro geral aparente (luz e força)		

Observações:

(*) a é a indicação do ponto de comando;
 -4- é o circuito correspondente.

(**) Significa 3 condutores de 2 vezes de 25 mm² por fase.

Designação	Usual	NBR 5444
c.4) Quadro geral embutido (luz e força)		
c.5) Caixa de telefone		
c.6) Caixa para medidor		
d) Interruptores		
d.1) Uma seção	S	
d.2) Duas seções	S ₂	
d.3) Três seções	S ₃	
d.4) Paralelo ou three-way	S _w	
d.5) Intermediário ou four-way	S _{4w}	
d.6) Botão de minuteria		
d.7) Botão com campainha na parede		
d.8) Botão de campainha no piso		
d.9) Fusível		
d.10) Chave seccionadora com fusível (abertura sem carga)		
d.11) Chave seccionadora com fusível (abertura em carga)		
d.12) Chave seccionadora (abertura sem carga)		
d.13) Chave seccionadora (abertura em carga)		
d.14) Disjuntor a óleo		
d.15) Disjuntor a seco		
d.16) Chave reversora		
e) Ponto de tomada		
e.1) Ponto de tomada de luz na parede, baixa (300 mm do piso acabado)		

Designação	Usual	NBR 5444
e.2) Ponto de tomada média (1 300 mm do piso)		
e.3) Ponto de tomada alta (2 000 mm do piso)		
e.4) Ponto de tomada de luz no piso		
e.5) Ponto de tomada para rádio e tv		
e.6) Relógio elétrico no teto		
e.7) Idem na parede		
e.8) Saída de som no teto		
e.9) Idem na parede		
e.10) Cigarra		
e.11) Campainha		
e.12) Quadro anunciador (4 chamadas)		
e.13) Ponto de tomada de telefone na parede (externa)		
e.14) Ponto de tomada de telefone na parede (interna)		
e.15) Ponto de tomada de telefone no piso (externa)		
e.16) Ponto de tomada de telefone no piso (interna)		
f) Motores e transformadores		
f.1) Gerador (indicar as características)		
f.2) Motor		
f.3) Transformador de potência		
f.4) Transformador de corrente		
f.5) Transformador de potencial		

Símbolos gráficos para projetos de instalações elétricas.

Figura 3.2

3.3 Previsão da Carga de Iluminação e dos Pontos de Tomada

3.3.1 Generalidades

A carga a se considerar para um equipamento de utilização é a sua potência nominal absorvida, dada pelo fabricante ou calculada a partir da tensão nominal, da corrente nominal e do fator de potência.

Nos casos em que for dada a potência nominal fornecida pelo equipamento (potência da saída), e não a absorvida, devem ser considerados o rendimento e o fator de potência.

A Tabela 3.1 fornece como referência as potências médias de alguns aparelhos eletrodomésticos.

Tabela 3.1 Potências médias de referência dos aparelhos elétricos em watts

Aparelho	Potência (W)	Aparelho	Potência (W)
Aquecedor de ambiente	1 000	Geladeira comum	150
Aquecedor tipo boiler	1 500	Geladeira duplex ou freezer	400
Aspirador de pó	1 300	Grill	1 000
Barbeador	50	Liquidificador	200
Batedeira	100	Máquina de costura	100
Chuveiro	4 400	Máquina de lavar roupa	500
Circulador de ar	150	Micro-ondas	1 000
Aparelho de som	100	Projektor de slides	100
Enceradeira	300	Rádio	50
Esterilizador	200	Secador de cabelo	1 000
Exaustor	300	Televisor	80
Ferro de engomar — comum	500	Torradeira	1 000
Ferro de engomar — regulável	1 000	Ventilador	150

3.3.2 Carga de iluminação

Na determinação das cargas de iluminação incandescente, adotam-se os seguintes critérios, de acordo com a NBR 5410:2004:

- em cada cômodo ou dependência de unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, deverá ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, com potência mínima de 100 VA;
- em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m², deverá ser prevista uma carga de pelo menos 100 VA, e, com área superior a 6 m², deverá ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros.

Os valores apurados correspondem à potência destinada à iluminação para efeito de dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas incandescentes a serem utilizadas.

Para aparelhos fixos de iluminação à descarga (lâmpadas fluorescentes, por exemplo), a potência a ser considerada deverá incluir a potência das lâmpadas, as perdas e o fator de potência dos equipamentos auxiliares (reatores).

Para o dimensionamento da carga de iluminação fluorescente, os valores de potência indicados acima deverão ser reduzidos, pois as lâmpadas fluorescentes são mais eficientes do que as incandescentes. Como regra prática, podemos dividir os valores de potência por 4, que é a relação de eficiência entre as lâmpadas incandescentes e fluorescentes.

Observa-se que, a partir de 2016, as lâmpadas incandescentes ficarão proibidas de serem comercializadas no Brasil, de acordo com a Portaria nº 1007, editada pelos Ministérios de Minas e Energia, da Ciência, Tecnologia e Inovação, e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, publicada em 6 de janeiro de 2011.

3.3.3 Pontos de tomada de uso geral

Quantidade de pontos de tomada de uso geral

Nas unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, o número de pontos de tomada de uso geral deve ser fixado de acordo com o seguinte critério:

- nos cômodos ou dependências da instalação, se a área for inferior a 6 m², pelo menos um ponto de tomada; se a área for maior que 6 m², pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, espaçados tão uniformemente quanto possível;
- em banheiros, pelo menos um ponto de tomada junto ao lavatório;
- em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração de perímetro, sendo que, acima de cada bancada com largura igual ou superior a 0,30 m, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada;
- em subsolos, garagens, sótãos, *halls* de escadarias e em varandas, salas de manutenção ou localização de equipamentos, tais como casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada.

No caso de varandas, quando não for possível a instalação de ponto de tomada no próprio local, este deverá ser instalado próximo ao seu acesso.

Deve-se atentar para a possibilidade de que um ponto de tomada venha a ser usado para alimentação de mais de um equipamento, sendo recomendável, portanto, a instalação da quantidade de tomadas julgada adequada.

Potência a prever nos pontos de tomada de uso geral

Nas unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, aos pontos de tomada de uso geral devem ser atribuídas as seguintes potências:

- em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto, para os excedentes, considerando cada um desses ambientes separadamente;
- nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

3.3.4 Pontos de tomada de uso específico

Aos pontos de tomadas de uso específico deverá ser atribuída uma potência igual à potência nominal do equipamento a ser alimentado. Quando não for conhecida a potência do equipamento a ser alimentado, deverá atribuir-se ao ponto de tomada uma potência igual à potência nominal do equipamento mais potente com possibilidade de ser ligado, ou potência determinada a partir da corrente nominal da tomada e da tensão do respectivo circuito.

Os pontos de tomada de uso específico devem ser instalados no máximo a 1,5 m do local previsto para o equipamento a ser alimentado.

3.4 Divisão das Instalações

Toda a instalação deve ser dividida em vários circuitos, de modo a:

- limitar as consequências de uma falta, a qual provocará apenas seccionamento do circuito defeituoso;
- facilitar as verificações, os ensaios e a manutenção;
- possibilitar o uso de condutores de pequena bitola (área da seção circular).

Chama-se *circuito* o conjunto de pontos de consumo, alimentados pelos mesmos condutores e ligados ao mesmo dispositivo de proteção.

Nos sistemas polifásicos, os circuitos devem ser distribuídos de modo a assegurar o melhor equilíbrio de cargas entre as fases.

Em instalações de alto padrão técnico, deve haver circuitos normais e circuitos de segurança. Os circuitos normais estão ligados apenas a uma fonte, em geral, à concessionária local. Em caso de falha da rede, haverá interrupção no abastecimento. Esses circuitos são, muitas vezes, chamados de “não essenciais”.

Os circuitos de segurança são aqueles que garantirão o abastecimento, mesmo quando houver falha da concessionária. Como exemplo de circuitos de segurança, podem-se citar os circuitos de alarme e de proteção contra incêndio, abastecidos simultaneamente pela concessionária ou por fonte própria (baterias, geradores de emergência etc.). Os circuitos de segurança são, muitas vezes, chamados de “essenciais”.

Devem ser observadas as seguintes restrições em unidades residenciais, hotéis, motéis ou similares:

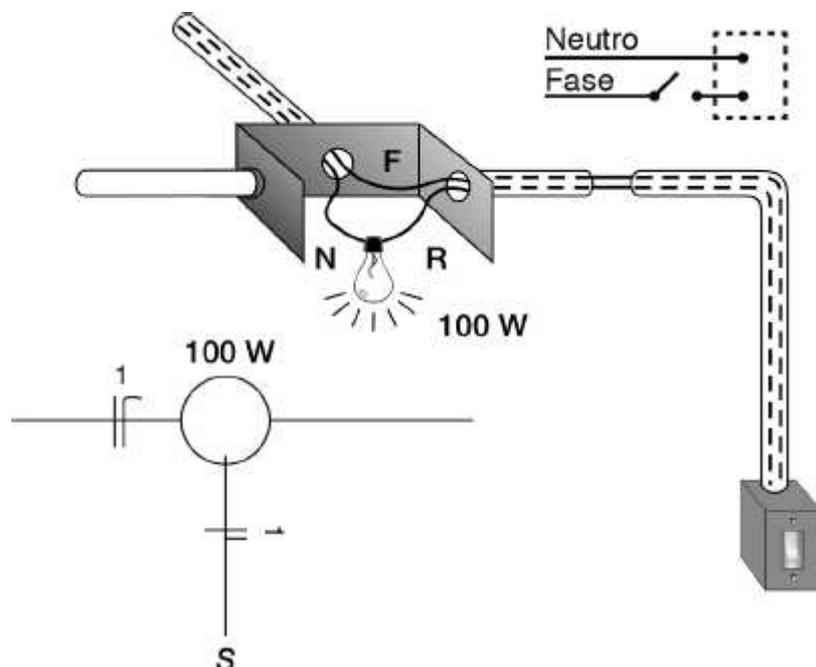
- a) circuitos independentes devem ser previstos para os aparelhos com corrente nominal superior a 10 A (como aquecedores de água, fogões e fornos elétricos, máquinas de lavar, aparelhos de aquecimento ou para aparelhos de ar condicionado etc.);
- b) circuitos de iluminação devem ser separados dos circuitos de tomadas;
- c) em unidades residenciais, hotéis, motéis ou similares, são permitidos pontos de iluminação e tomadas em um mesmo circuito, de maneira a se evitar que os pontos de iluminação não sejam alimentados, em sua totalidade, por um só circuito, exceto nas cozinhas, copas e áreas de serviço, que devem constituir um ou mais circuitos independentes;
- d) proteções dos circuitos de aquecimento ou condicionamento de ar de uma residência podem ser agrupadas no quadro de distribuição da instalação elétrica geral ou num quadro separado;
- e) quando um mesmo alimentador abastece vários aparelhos individuais de ar condicionado, deve haver uma proteção para o alimentador geral e uma proteção junto a cada aparelho, caso este não possua proteção interna própria.
- f) cada circuito deverá ter seu próprio condutor neutro;
- g) circuitos de tomadas deverão ter um condutor de proteção – PE (terra) – ligado diretamente ao terra da instalação. O condutor PE pode ser comum a mais de um circuito.
- h) Circuitos de iluminação instalados em áreas com piso “molhado” ou instalados em algumas instalações industriais também deverão ter um condutor de proteção - PE.

3.5 Dispositivos de Comando dos Circuitos

3.5.1 Interruptores

Para o controle de circuitos trifásicos, deverá ser usado dispositivo tripolar que atue sobre os três condutores-fase simultaneamente. Somente será permitido dispositivo monopolar para corrente nominal superior a 800 ampères.

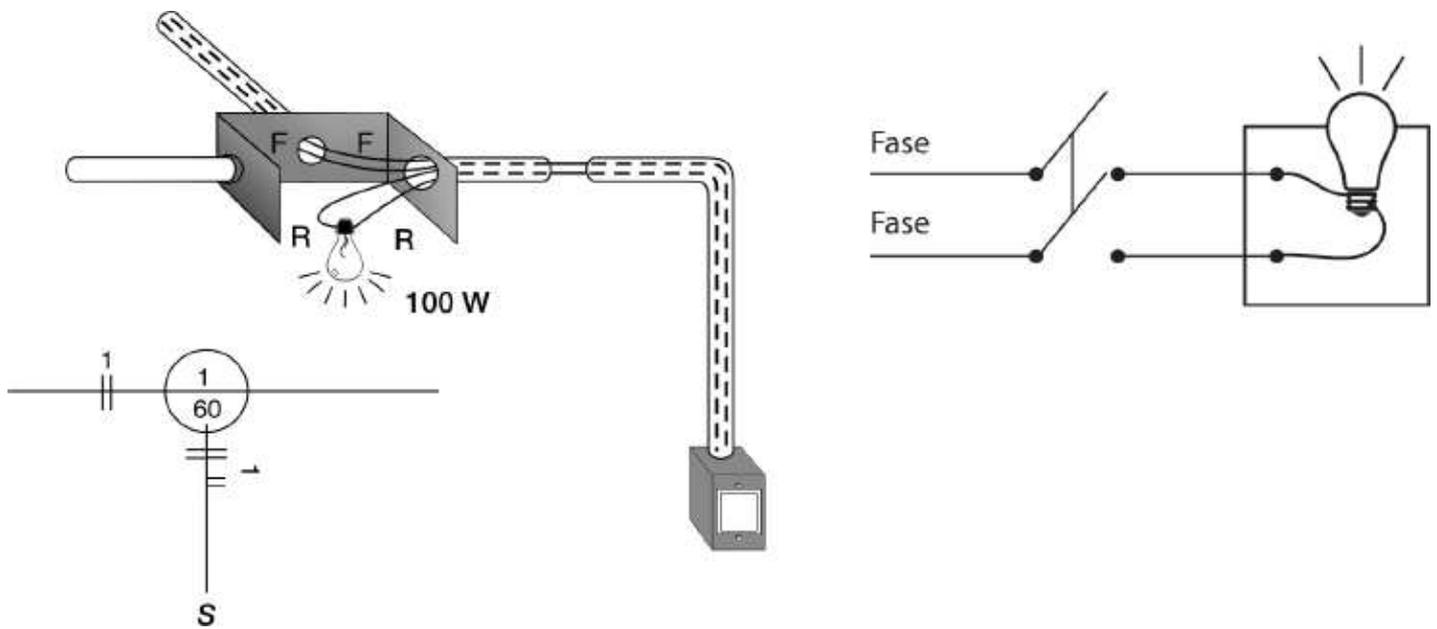
Os interruptores unipolares, paralelos ou intermediários, devem interromper unicamente o condutor-fase e nunca o condutor neutro. Isso possibilitará reparar e substituir lâmpadas sem risco de choque; bastará desligar o interruptor (Figura 3.3).



Esquemas de ligação de interruptor unipolar.

Figura 3.3

Em circuitos de dois condutores-fase, deve-se usar interruptor bipolar (Figura 3.4).



Esquemas de ligação de interruptor bipolar.

Figura 3.4

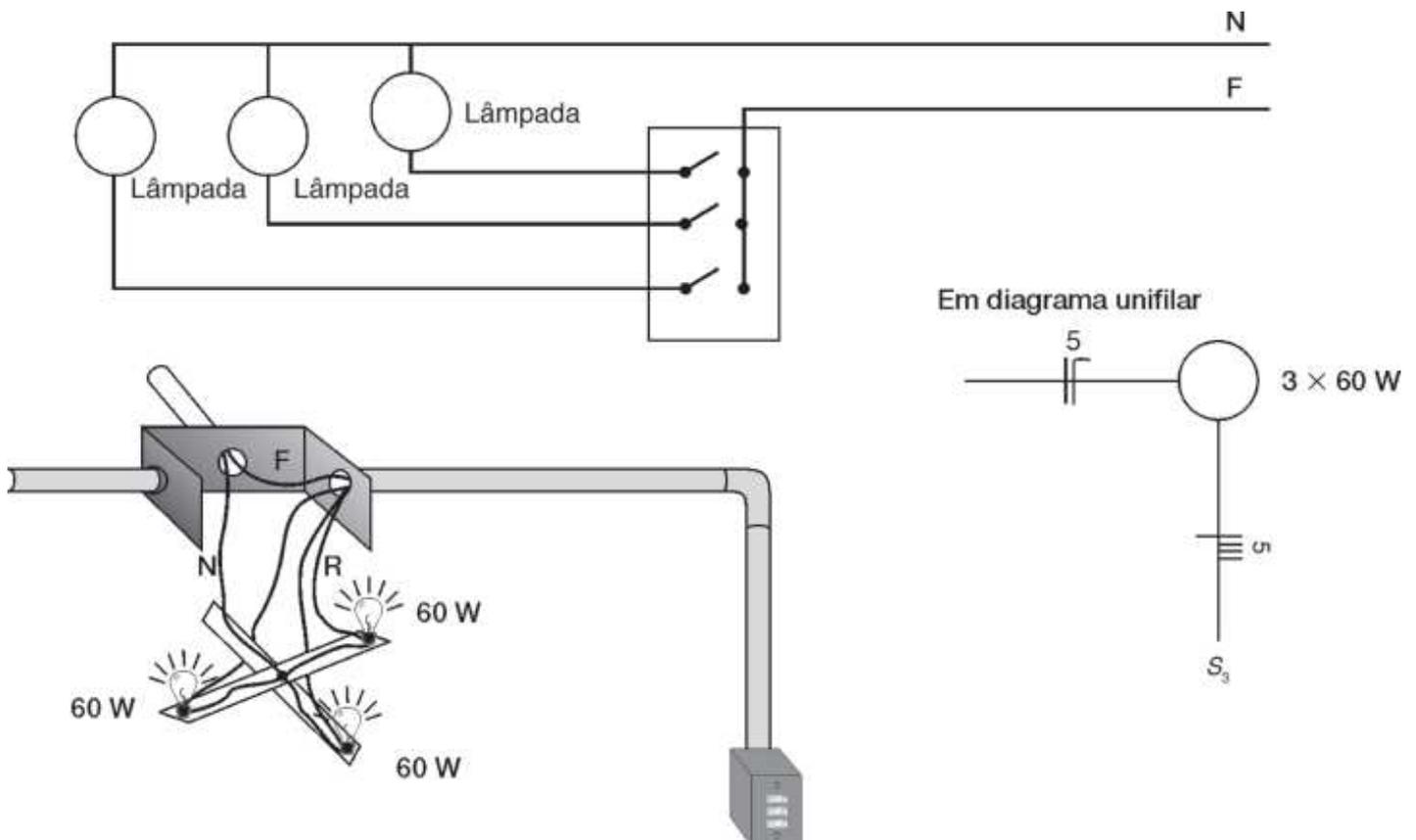
Os interruptores devem ter capacidade, em ampères, suficiente para interromper e suportar, por tempo indeterminado, as correntes que transportam.

Os interruptores comuns para instalações residenciais são de 10 A – 250 volts –, o que permite comandar cargas de até 1 200 watts, em 127 volts, ou 2 200 watts, em 220 volts.

Quando há carga indutiva, como, por exemplo, em lâmpadas fluorescentes, e não se dispor de interruptor especial, pode-se usar o interruptor comum, porém com capacidade, no mínimo, igual ao dobro da corrente a se interromper.

a) Interruptor de Várias Seções

Quando desejamos comandar diversas lâmpadas do mesmo ponto de luz, como no caso de abajures, ou diversos pontos de luz, usamos interruptores de várias seções (Figura 3.5).



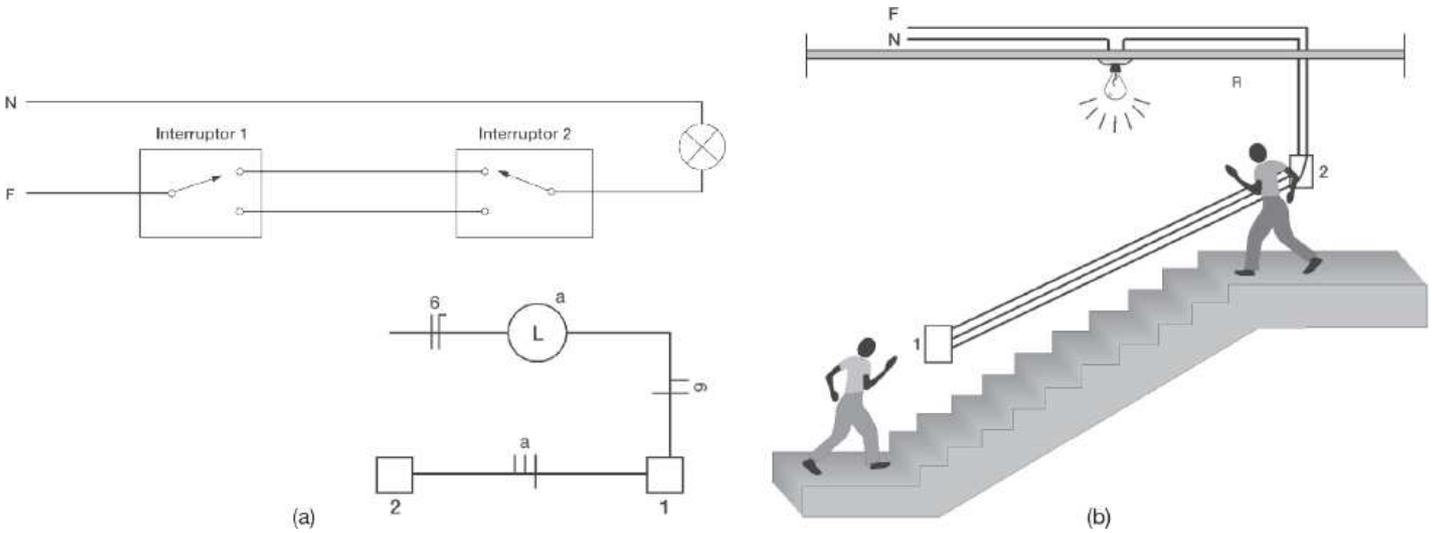
Esquemas de ligação para diversos pontos de luz.

Figura 3.5

b) Interruptor *Three-Way* (S_w) ou Paralelo

É usado em escadas ou dependências cujas luzes, pela extensão ou por comodidade, deseja-se apagar ou acender de pontos diferentes.

Esquemáticamente, pode ser representado da seguinte maneira (Figuras 3.6 a e b):

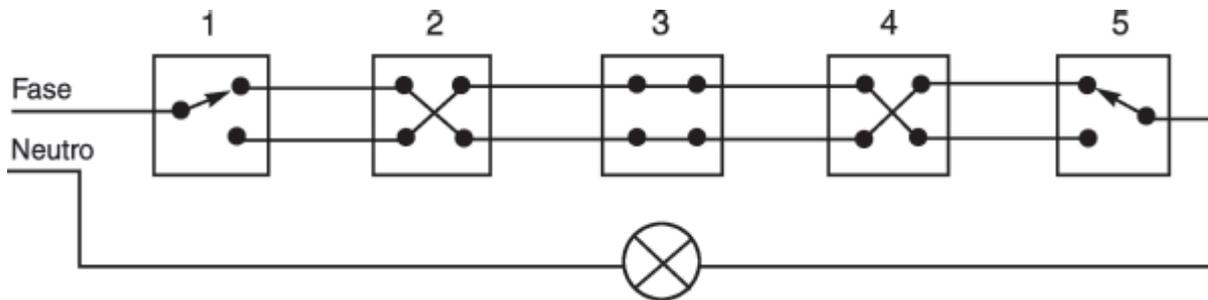


(a) Esquemas do “Three-way”. (b) Exemplo do emprego do “Three-way”.

Figura 3.6

c) Interruptor *Four-Way* (S_{4w}) ou Intermediário

Às vezes, há necessidade de se comandar a(s) lâmpada(s) em vários pontos diferentes. Então, lança-se mão de um sistema múltiplo, representado pelo esquema da Figura 3.7, denominado *four-way*, porque são dois condutores de entrada e dois de saída.



Four-way – lâmpada acesa.

Figura 3.7

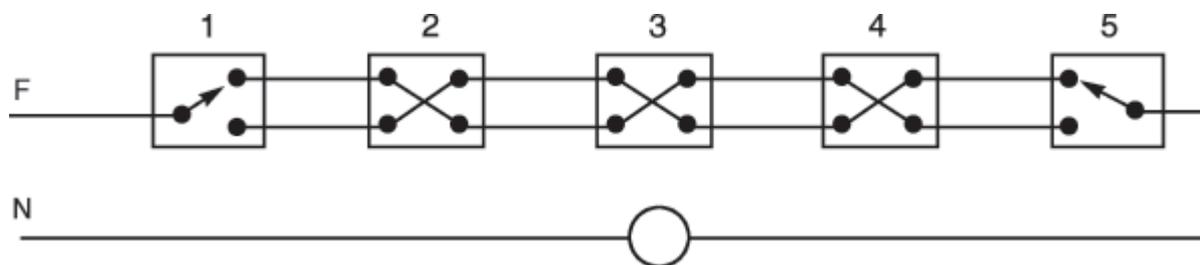
Esse tipo de sistema exige, nas suas extremidades – ou seja, junto à fonte e à lâmpada – interruptores *three-way*. Os interruptores *four-way* executam duas ligações diferentes (Figura 3.8).



Esquema de ligação do interruptor *four-way*.

Figura 3.8

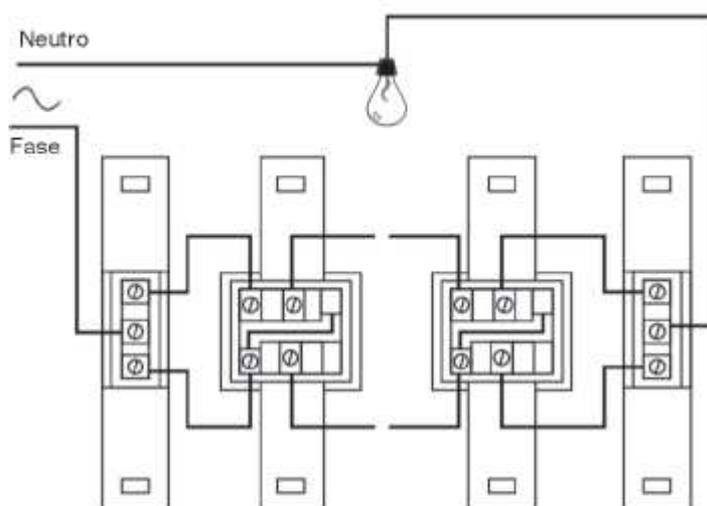
Na posição representada na Figura 3.7, a lâmpada acenderá. Se agirmos em qualquer dos interruptores, a lâmpada se apagará. Vejamos: agindo no interruptor 3, a sua ligação se inverterá e a lâmpada se apagará. É fácil compreender. Para isso, basta acompanhar o circuito (Figura 3.9).



Four-way – lâmpada apagada.

Figura 3.9

Interruptor intermediário + paralelo (*four-way*)



Ligação de interruptor *four-way* ou intermediário. Fonte: PIAL-LEGRAND.

Figura 3.10

3.5.2 Minuteria e sensor de presença

Em edifícios residenciais, é usual o emprego de um interruptor que apaga automaticamente o circuito de serviço, visando à maior economia para o condomínio.

Após as 22 horas, quando o movimento do prédio diminui, não se justifica ficarem muitas lâmpadas acesas toda a noite; basta que se acendam no momento em que chegue uma pessoa, apagando automaticamente pouco depois. Como as lâmpadas permanecem ligadas por aproximadamente um minuto, esses dispositivos são conhecidos por “minuterias”.

Há tipos de minuteria em que o tempo de atuação pode ser ajustado em períodos mais longos. Seja o esquema da Figura 3.11, em que, na posição *A* da chave de reversão, as lâmpadas acendem sem necessidade de calcar os botões dos pavimentos (antes das 22 horas). Na posição *B*, calcando-se o botão de um dos pavimentos, fecha-se o circuito da bobina que atrai a lâmina, fechando-se os contatos *m* e *n*. Assim, pode-se tirar o dedo do botão, pois as lâmpadas continuarão acesas enquanto um mecanismo de relojoaria mantiver os contatos fechados (ver Figura 3.11). Todavia, modernamente se usam interruptores temporizados em cada pavimento, com o mesmo efeito da minuteria, porém com maior economia de energia.

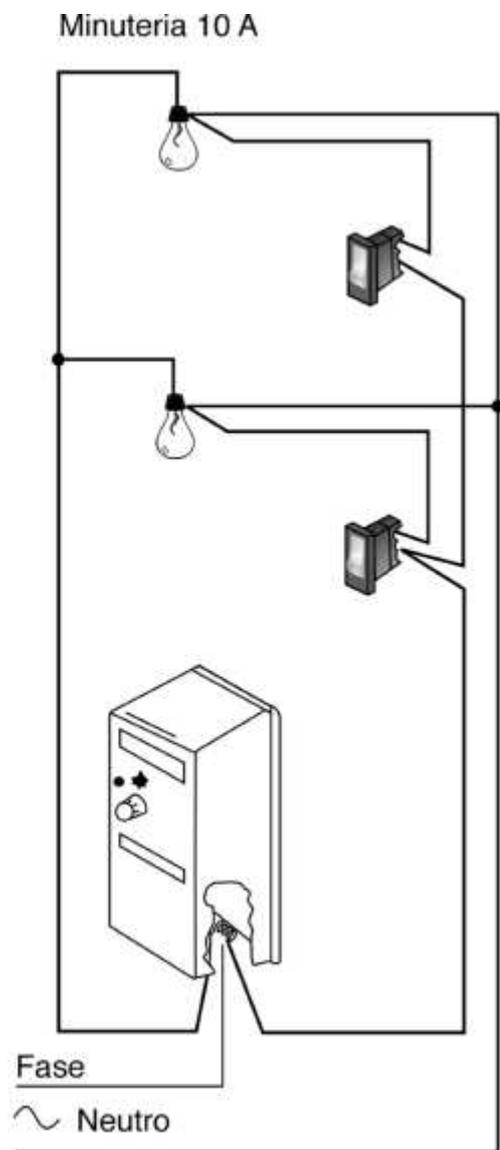
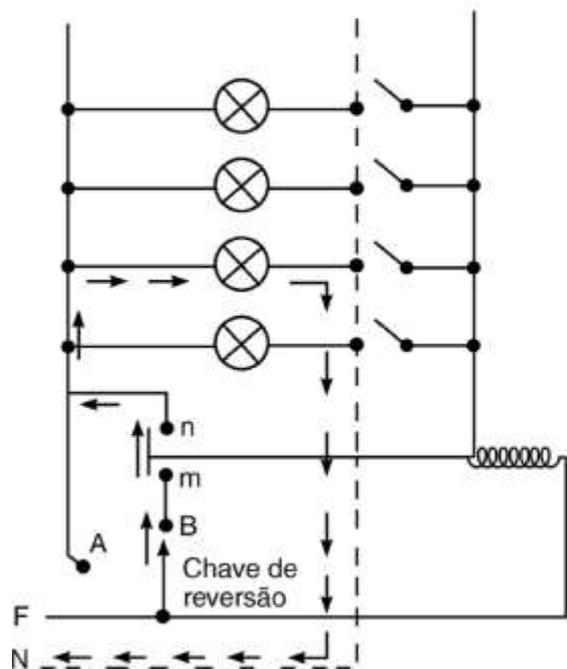


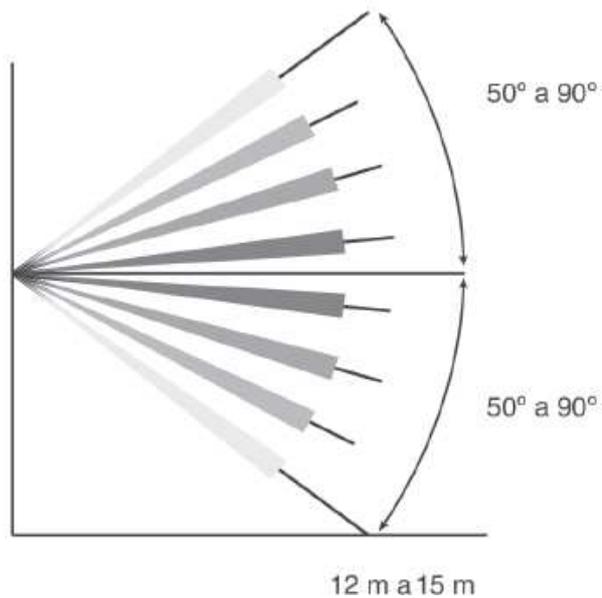
Diagrama elétrico e ligação de minuteria.

Figura 3.11

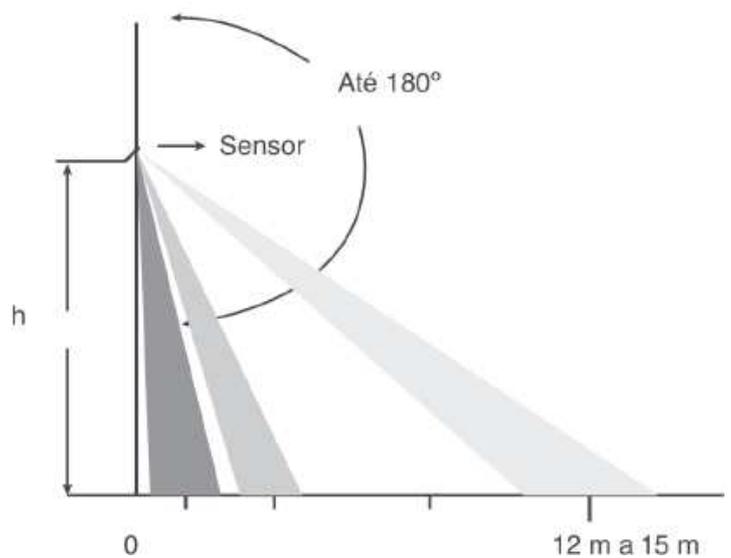
Atualmente, as minuterias vêm sendo substituídas pelos sensores de presença, que são relés acionados por meio de um sensor infravermelho, o qual detecta o movimento de pessoas e veículos e aciona a iluminação, tornando mais claros ambientes pelo acionamento de luminárias de parede, jardins, vitrines, entradas ou saídas, escadarias, garagem, *halls* etc. O tempo de funcionamento da iluminação pode ser regulado de 15 segundos a 8 minutos, de acordo com cada fabricante. A Figura 3.12 mostra as áreas típicas de atuação de um sensor de presença.

Alguns tipos de sensores de presença, imunes ao movimento de pequenos animais, são indicados para casas onde existam pequenos animais de estimação, evitando que os mesmos acionem, indevidamente, o sensor.

Vista frontal



Vista lateral



Área típica de monitoramento.

Figura 3.12

Os sensores de presença, apresentados na Figura 3.13, são utilizados, também, para a segurança de instalações, podendo ser instalados na sua parte externa. Além disso, muitas outras são as aplicações dos sensores de presença.

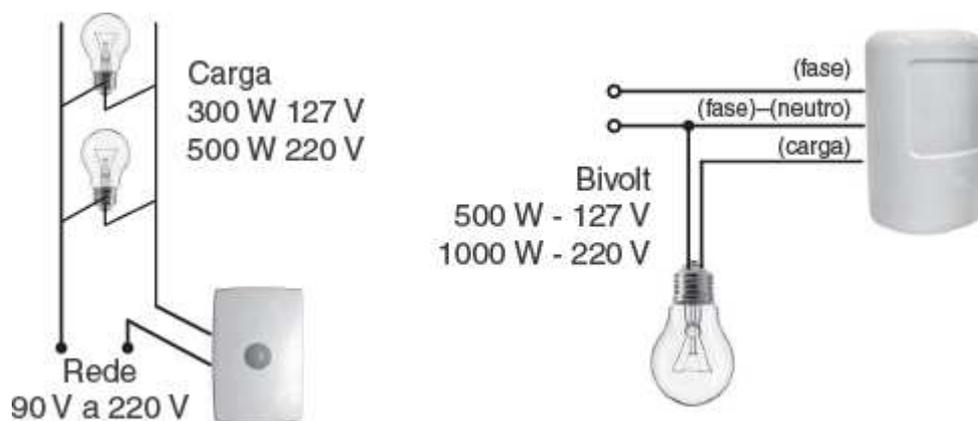
Há também os sensores de presença “wireless”, que utilizam a tecnologia wireless operando sem a necessidade de cabos para enviar o sinal a um sistema central de comando.

Alguns sensores possuem também fotocélula, que permite identificar se é noite ou dia, de modo a impedir que a iluminação seja acionada durante o dia. Os sensores podem acionar uma ou mais lâmpadas ou equipamentos de sinalização, conforme se pode observar na Figura 3.14, a qual mostra os esquemas de ligação a 2 fios, para lâmpadas incandescentes, e a 3 fios, para qualquer tipo de lâmpada.



Sensor de presença de sobrepor e de embutir.

Figura 3.13



Esquemas de ligação a 2 fios e a 3 fios.

Figura 3.14

3.5.3 Contactores e chaves magnéticas

Muitas vezes, temos necessidade de comandar circuitos elétricos a distância (controle remoto), quer manual, quer automaticamente.

Contactores e chaves magnéticas são dispositivos com 2 circuitos básicos, de comando e de força, que se prestam a esse objetivo.

O circuito de comando opera com corrente pequena, apenas o suficiente para operar uma bobina, que fecha o contato do circuito de força.

Esquemáticamente, podemos representar o circuito de uma chave magnética da maneira apresentada na Figura 3.15.

Nesse esquema, temos uma chave magnética trifásica, que serve para ligar e desligar motores ou quaisquer circuitos, com comando local ou a distância (controle remoto). O comando pode ser um botão interruptor, uma chave unipolar, uma chave-boia, um termostato, um pressostato etc.

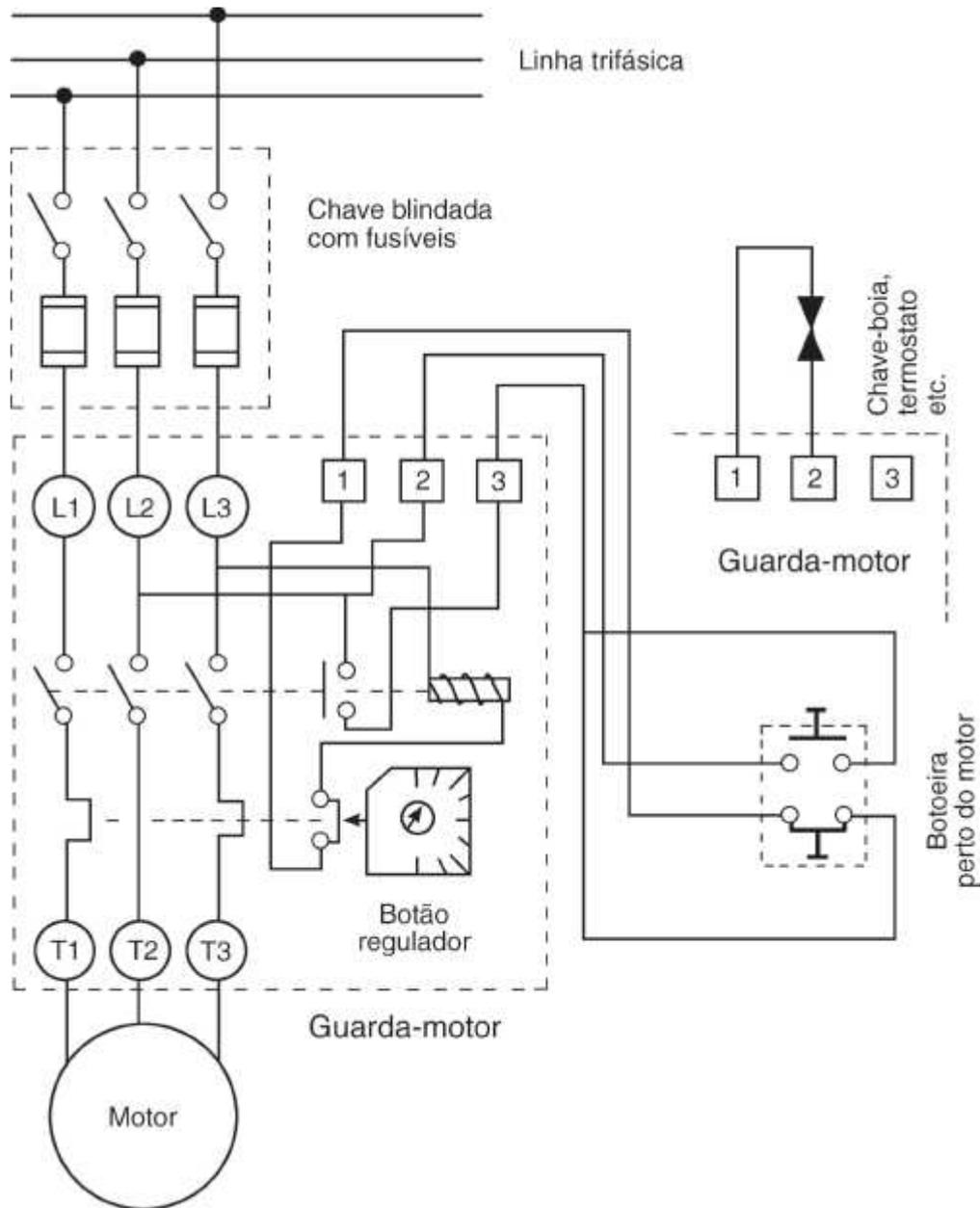


Diagrama de ligações de uma chave magnética.

Figura 3.15

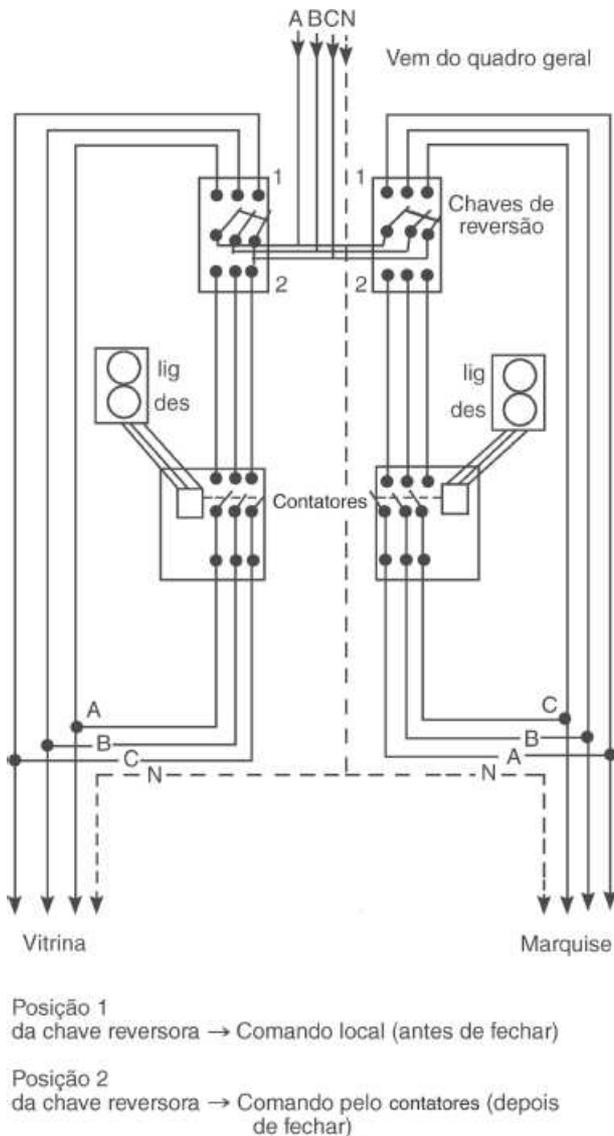
No caso de botões, há um circuito especial que mantém a chave ligada depois de pressionado o botão.

Na Figura 3.15, vemos o esquema elétrico de uma chave magnética de um dos fabricantes, o que permite a qualquer pessoa constatar o caminho elétrico quando a mesma é fechada por qualquer meio de comando.

Os contactores são semelhantes às chaves magnéticas, porém simplificados, pois não possuem relé térmico de proteção contra sobrecargas.

Em uma loja, cujas portas são fechadas às 19 horas, desejamos comandar os circuitos da marquise e das vitrinas (luz), tanto interna (antes de fechar) quanto externamente (depois de fechar).

Apresentamos uma sugestão para resolver o problema (Figura 3.16).



Contatores de potência 3RT10, 3TF6. (Cortesia da Siemens.)

Figura 3.16

3.5.4 Controles com intertravamento

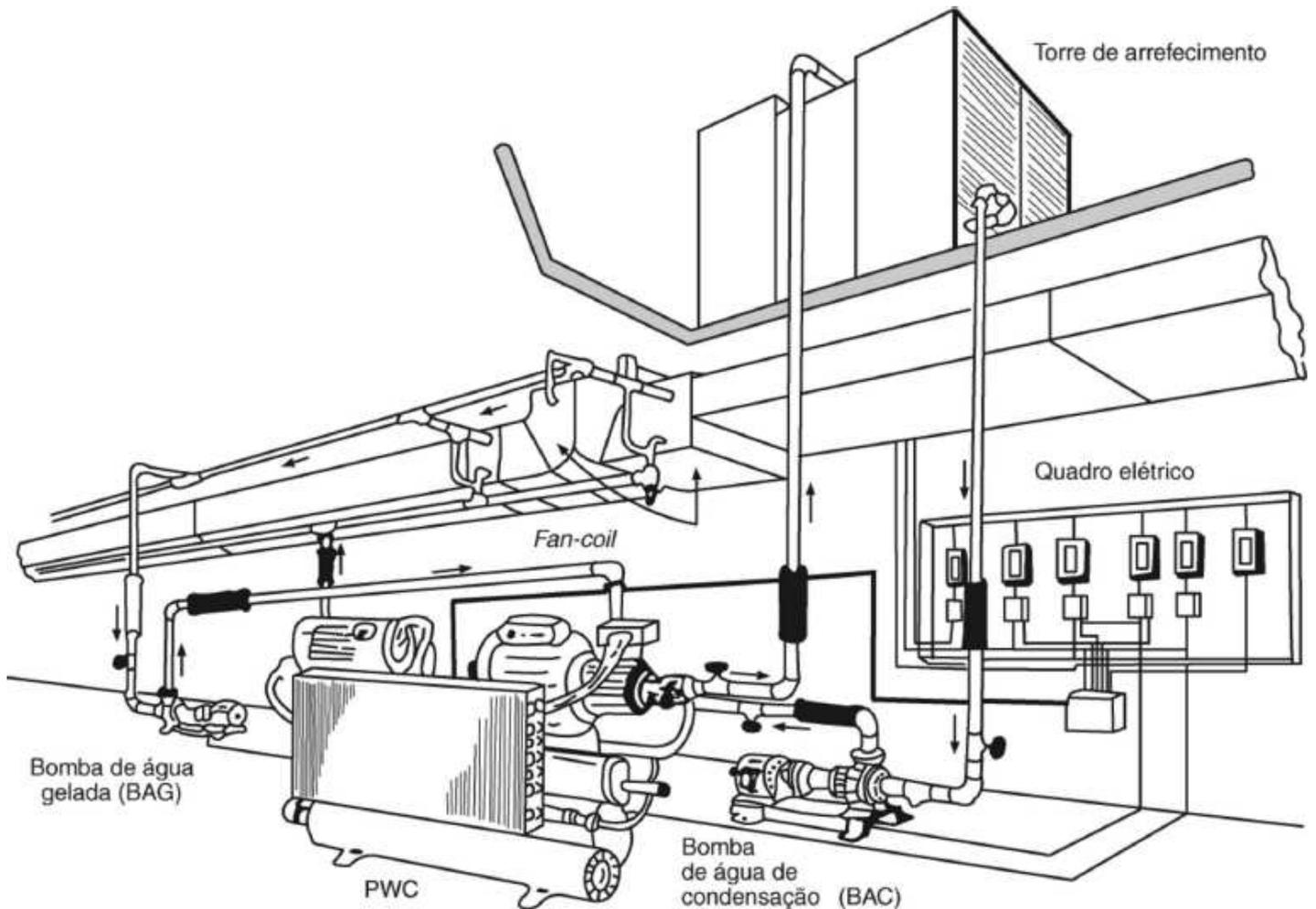
Instalações de ar condicionado central

Em diversas instalações elétricas, torna-se necessário o intertravamento entre equipamentos, ou seja, que determinada máquina só entre em operação quando são satisfeitas certas condições relativas a outras máquinas. O intertravamento elétrico é muito utilizado em instalações industriais e eletromecânicas (elevadores, ar condicionado etc.).

Tomemos, por exemplo, uma instalação central de ar condicionado, sistema de água gelada, a qual exige que sejam satisfeitas certas condições antes que a unidade central de água gelada entre em funcionamento. Esse tipo de instalação possui os seguintes equipamentos básicos (Figura 3.17):

- uma unidade central de água gelada (*PWC*), onde é produzida a água gelada a ser distribuída por meio de bombas de água gelada (*BAG*) aos diversos pontos do prédio (*fan-coils*);
- uma ou mais torres de arrefecimento, por onde passa a água de condensação necessária à refrigeração dos condensadores da unidade *PWC*; essa água circula por meio das bombas de água de condensação (*BAC*). Cada bomba

possui sempre uma de reserva (a qual foi omitida, na figura, para se facilitar a compreensão).



Instalação de ar condicionado — Sistema de água gelada.

Figura 3.17

As condições necessárias para que a unidade *PWC* possa entrar em operação são as seguintes:

- 1ª) que haja água no reservatório e as torres estejam funcionando;
- 2ª) que a bomba de água de condensação esteja funcionando;
- 3ª) que a bomba de água gelada esteja funcionando.

Se quisermos representar por um gráfico a entrada em funcionamento desses componentes, poderemos colocar em um eixo horizontal os tempos e, em um eixo vertical, os diversos equipamentos (conforme Figura 3.18).

Agora que já temos noção de um sistema de ar condicionado, vejamos como seria projetado o circuito de controle. Antes, porém, observemos certas definições básicas:

- *Circuito de controle*: é utilizado baixas correntes e diversos componentes que permitem a energização da bobina de ligação do circuito de força;
- *Circuito de força*: é principal do contactor que permite a ligação do motor da máquina operatriz. Utiliza correntes elevadas;

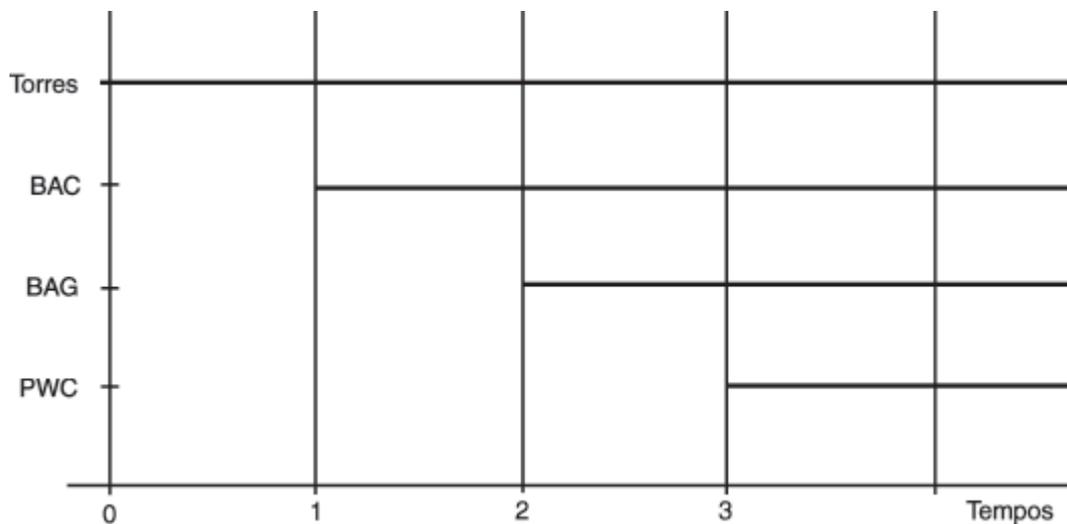


Gráfico de sequência de entrada em funcionamento em uma instalação de ar condicionado.

Figura 3.18

- *Contato normalmente aberto (NA)*: contato acionado automaticamente pela bobina de ligação; quando a bobina não está energizada, ele está aberto. Seu símbolo é:



- *Contato normalmente fechado (NF)*: contato que, quando a bobina não está energizada, está fechado. Seu símbolo é:



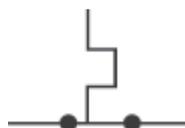
- *Botões de comando*: servem para ligar e parar o motor da máquina operatriz; por meio dos botões de comando, completa-se o circuito da bobina de ligação (botão LIGA) ou interrompe-se o circuito (botão DESLIGA). Seus símbolos são:



- *Contato comutador*: inverte a ligação.



- *Contato térmico*: serve para desligar o circuito, quando há sobrecorrente; é também denominado relé térmico ou relé bimetalico. Seu símbolo é:



Os circuitos de controle e de força costumam ser representados em diagramas separados, para se facilitar sua compreensão (ver Figura 3.19).

Pelo diagrama de controle, vemos que, ao ser acionada a botoeira LIGA, completa-se o circuito elétrico entre as duas fases L_2 e L_3 , energizando-se a bobina de acionamento, que fecha os contatos do circuito de força. Ao mesmo tempo, é fechado o contato auxiliar (ou selo), o que possibilita que o dedo da botoeira LIGA seja retirado e o motor continue

funcionando. Quando se desejar parar o motor, bastará acionar a botoeira DESLIGA, e a bobina de acionamento será desenergizada, abrindo-se os contatos de força e o contato auxiliar.

Agora que já temos as noções fundamentais de um circuito de controle, observemos a Figura 3.20, que é um diagrama do contactor 3 TA, da Siemens. Esse contactor serve para acionamento de motores trifásicos e possui contatos de força (entrada 1-3-5; saída 2-4-6), acionados pela bobina $a - b$, e os contatos auxiliares normalmente fechados e normalmente abertos. Tais contatos também são acionados pela bobina $a - b$.

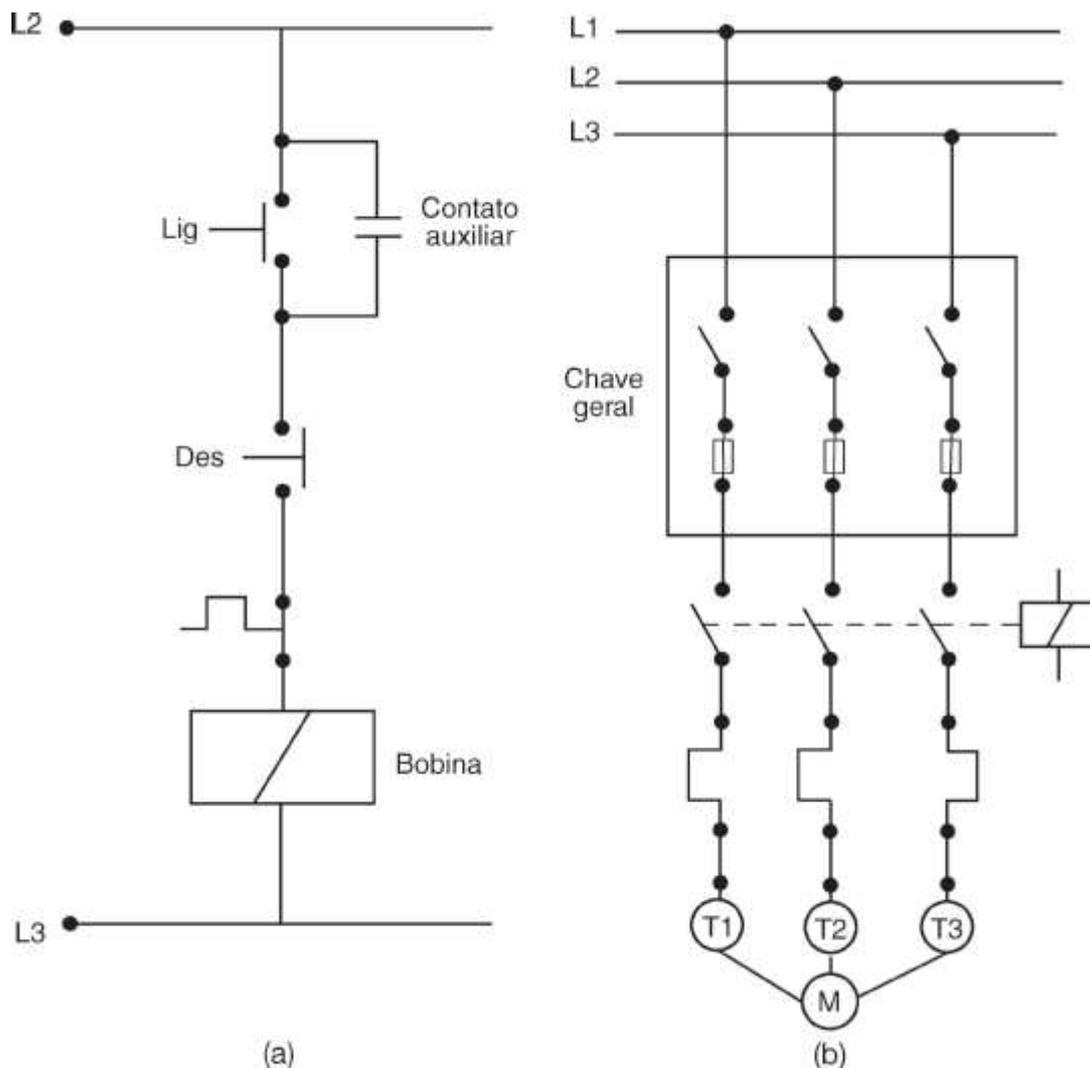
Usando esse contactor e mais relés térmicos, botoeiras, lâmpadas sinalizadoras, chaves-boia etc., projetaremos um circuito de controle (Figura 3.21) de uma instalação central de ar condicionado, sistema de água gelada. As restrições – ou seja, a sequência de entrada de funcionamento das máquinas – são as seguintes:

1ª) havendo água, a chave-boia fecha seu contato; então, podemos dar a partida nas torres de arrefecimento de água, acionando-se as botoeiras *LIG 1* e *2*;

2ª) quando as bobinas 1 e 2 são energizadas, fecham-se os contatos de força das torres e os contatos auxiliares normalmente abertos *RA 1* e *RA 2* (contatos de selo), podendo-se tirar o dedo das botoeiras, continuando as torres em funcionamento.

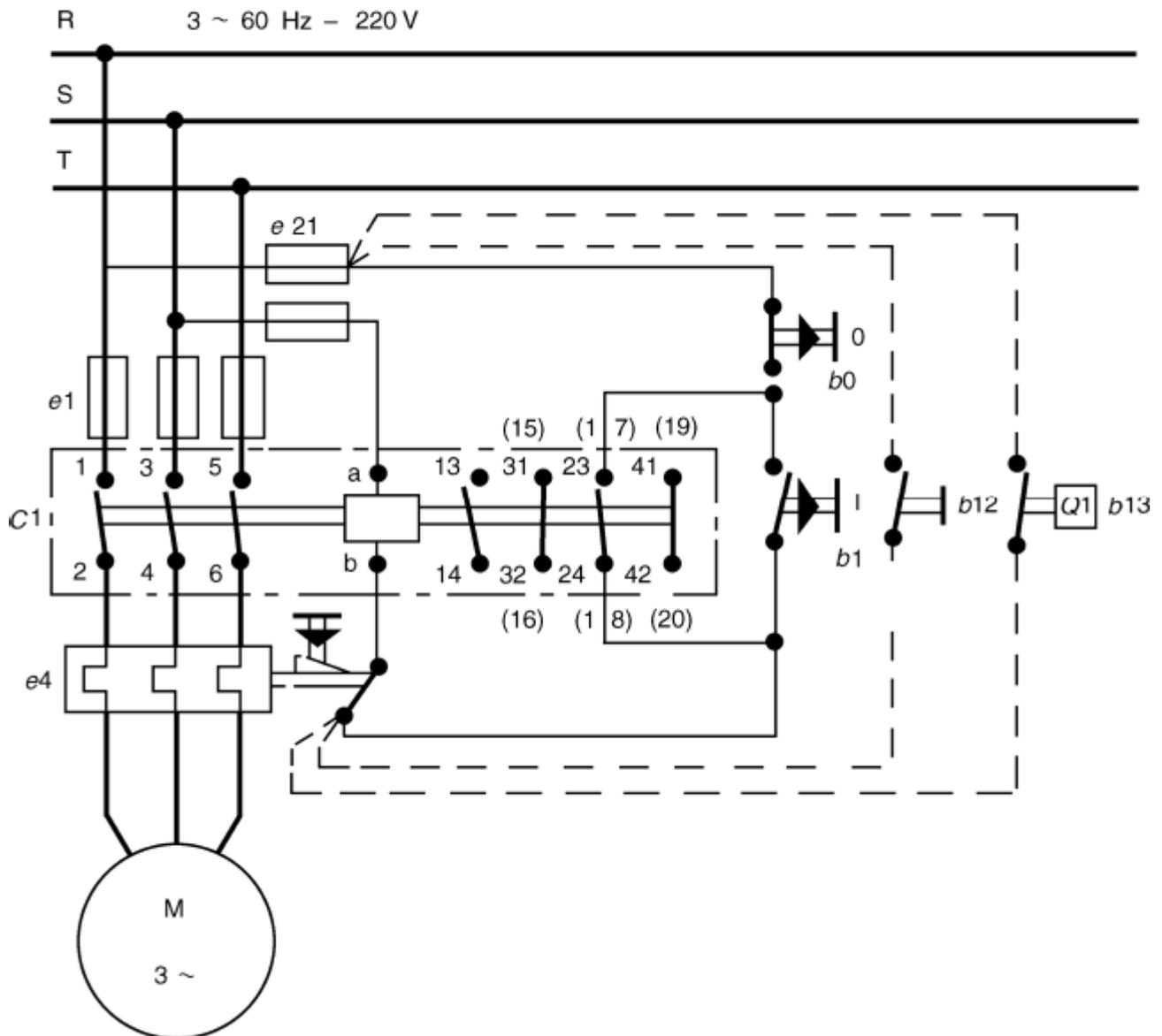
3ª) Estando as torres em funcionamento, podemos dar a partida nas bombas de circulação de água do condensador, do seguinte modo:

- os contatos *RA 1* e *RA 2* estão fechados pelas bobinas das torres (*Bob. 1* e *Bob. 2*);
- vira-se a chave de reversão para a posição *BAC* (bomba de água de circulação do condensador normal) ou *BACR* (bomba de água de circulação de reserva);
- aperta-se o botão da botoeira *LIG 3* (ou *LIG 4*), e a bomba *BAC* entra em funcionamento (ou *BACR*), fechando os contatos de selo *RA 3* ou *RA 4*.



(a) Diagrama de controle. (b) Diagrama de força.

CONTADORES 3RT10, 3TF6
(Chaves magnéticas)
para motores trifásicos
RELÉS BIMETÁLICOS 3UA



- () – Denominação antiga
- b0 e b1 – Botões de comando
- b12 – Chave unipolar (interruptor)
- b13 – Chave-boia

Diagrama dos contactores 3RT10, 3TF6, da Siemens.

Figura 3.20

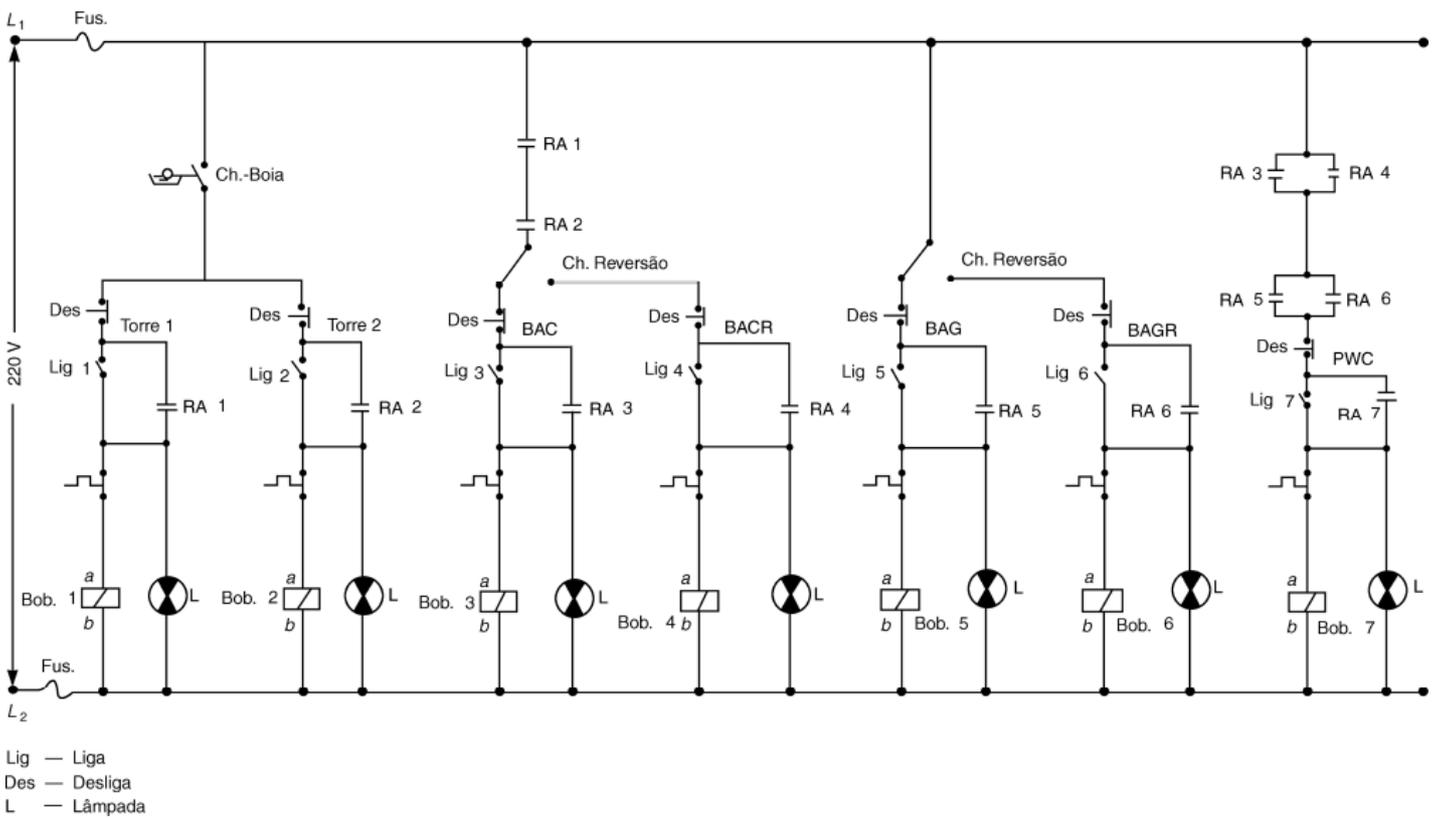
4ª) Para as bombas de água gelada entrarem em funcionamento, não há restrições especiais; basta que a chave de reversões esteja em uma das posições *BAC* ou *BACR* e se aperte a botoeira *LIG 5* ou *LIG 6*. As bobinas 5 ou 6 serão energizadas, fechando-se os contatos de selo *RA 5* ou *RA 6*.

Funcionamento da unidade central de água gelada (PWC)

Para que a unidade central entre em funcionamento, é necessário que as bombas de circulação de água do condensador e as bombas de água gelada estejam funcionando, ou seja, os contatos *RA 3* (ou *RA 4*) e *RA 5* (ou *RA 6*) estejam fechados. Já vimos que os contatos *RA 3* (ou *RA 4*) são fechados quando a *BAC* (ou *BACR*) está funcionando. Agora, usando os segundos contatos normalmente abertos dos contactores, fazemos com que esses contatos em série com *RA 5* (ou *RA 6*)

das bombas de água gelada satisfaçam as condições para que a botoeira *LIG 7* da *PWC* possa completar o circuito da bobina 7 e, assim, iniciar a partida da unidade central (*PWC*).

Em todos os contatos, foi colocada uma lâmpada sinalizadora *L* para o operador se certificar de que há corrente no circuito.



Circuito de controle de uma instalação central de água gelada.

Figura 3.21

Este foi apenas um exemplo de circuito de controle com intertravamento. Usando contactores, botoeiras, chaves-boia, reversão e a imaginação do projetista, podem-se projetar diversos tipos de controle, cada qual adaptado às restrições impostas para o tipo de acionamento desejado.

Instalações supervisoras do funcionamento de equipamentos críticos

Há certos tipos de equipamentos que, por motivos de segurança de pessoas ou de danos materiais, não podem parar ou a sua parada deve ser logo constatada por avisos luminosos ou sonoros. Incluem-se nessas instalações as bombas de recalque de água ou esgotos, as bombas de incêndio, as bombas de drenagem de subsolos etc.

Nas Figuras 3.22 e 3.23, vemos dois diagramas funcionais das bombas, cujos quadros de força estão representados nas Figuras 3.24 e 3.25.

O comando das bombas pode ser por níveis e por pressão. Na parte inferior das figuras, está indicada a localização dos contatos que abrem e fecham.

Acompanhemos o funcionamento das bombas de drenagem (Figura 3.22).

Por comando de nível, a chave-boia *NS2* fecha seu contato; a bobina *0d1* é energizada e, em 8, fecha o contato *0d1*. Vamos supor que a chave reversora em 8 esteja ligada, como mostra a figura. Então é energizada a bobina auxiliar *1d1* em 7 e fechado o contato *1d1* em 14. Assim, é energizada a bobina *C1* do contactor da bomba, que, desse modo, parte, fechando-se o contato *C1* em 13. Se houver qualquer anormalidade na bomba, abre-se o relé térmico em 13 e fecha-se o contato em 11, energizando-se a bobina auxiliar *1d2*, abrindo-se o contato *1d2* em 26 e fechando-se os contatos *1d2* em 20 e *1d2* em 25. Dessa maneira, energiza-se a bobina *C2*, partindo-se a bomba de reserva, fechando-se o contato *C2* em 18 e acendendo-se a lâmpada *L1*, o que indica defeito na bomba de drenagem.

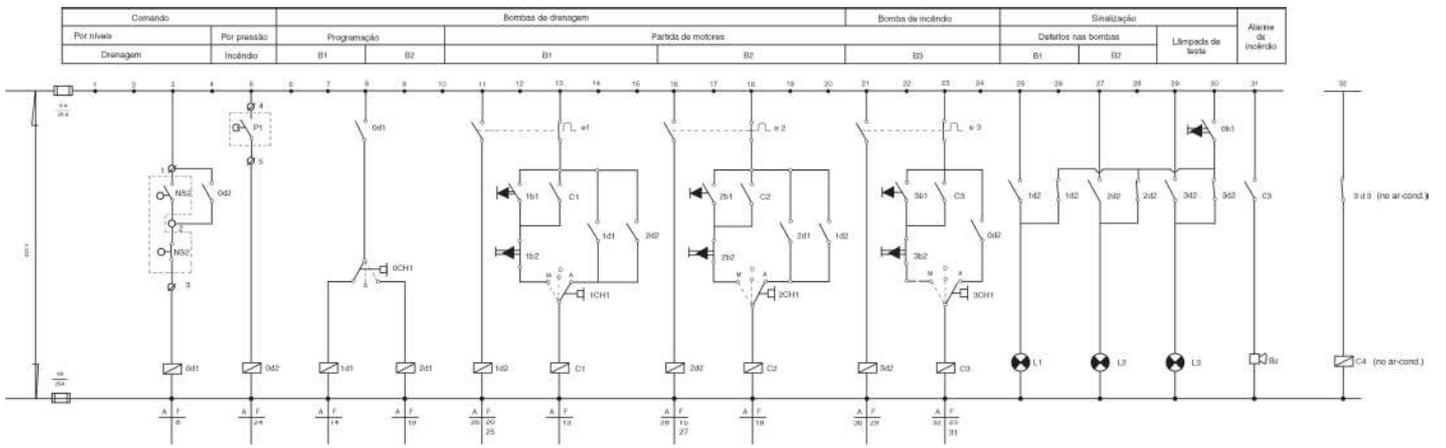


Diagrama de instalações supervisoras de funcionamento de equipamentos críticos.

Figura 3.22

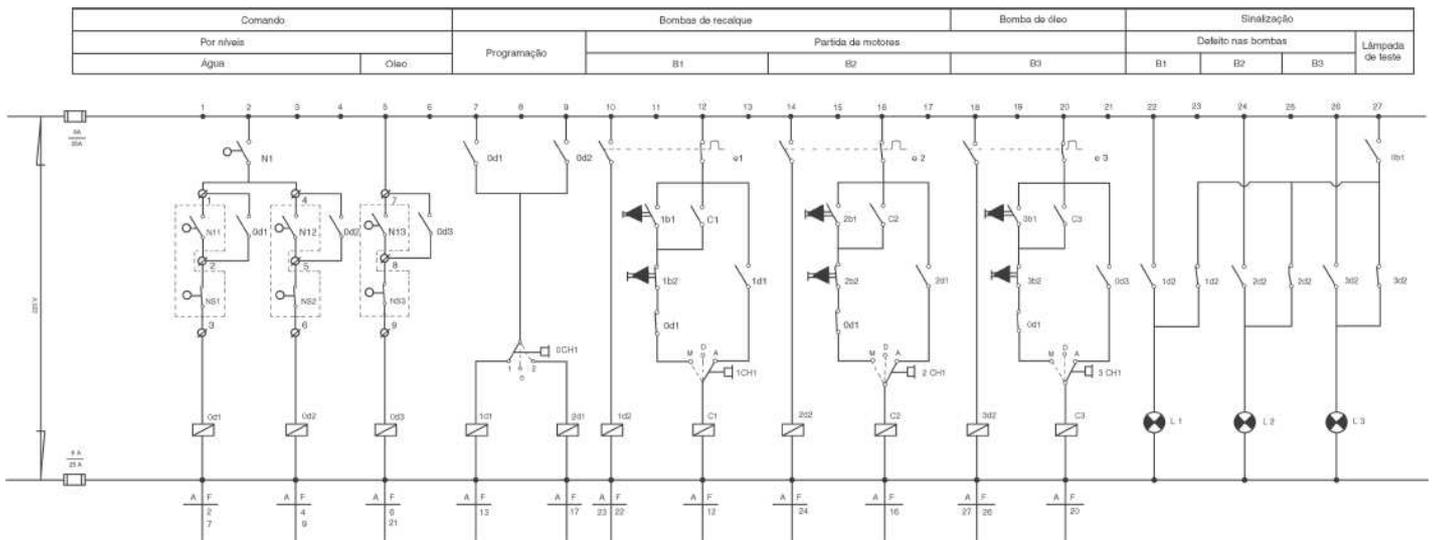
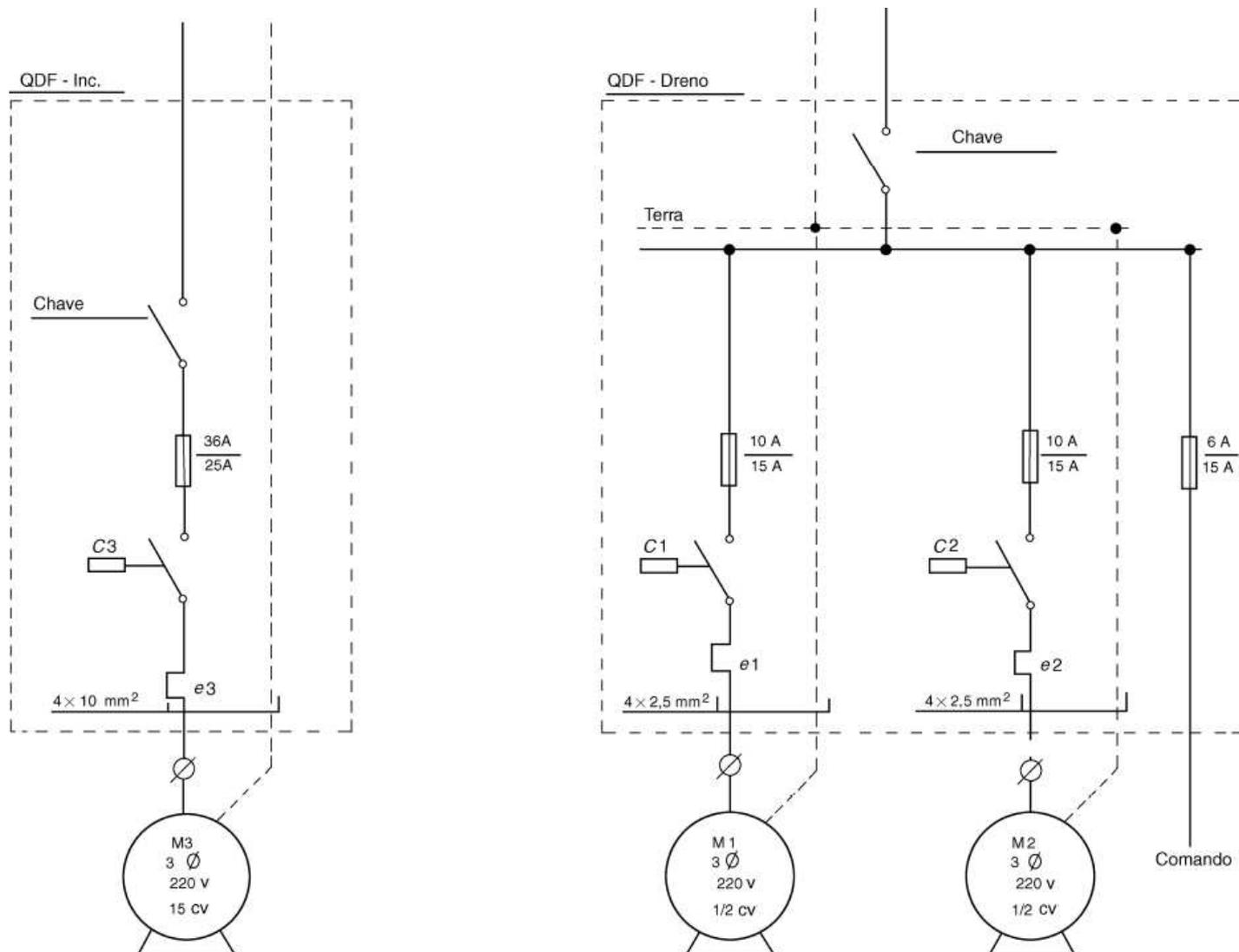


Diagrama de instalações supervisoras de funcionamento de equipamentos críticos.

Figura 3.23



Quadros de força de bombas.

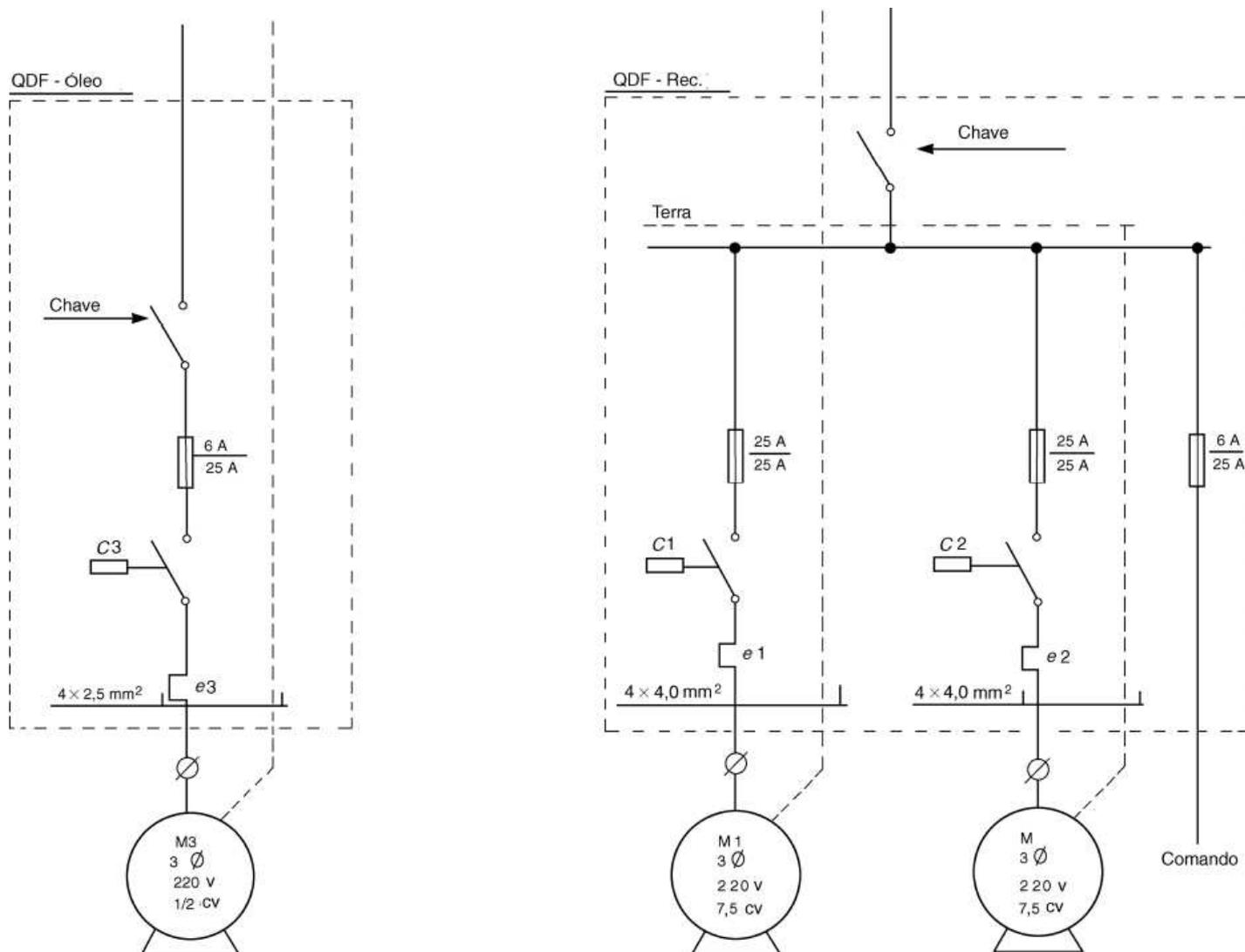
Figura 3.24

Vejamos agora o funcionamento da bomba de incêndio:

Comandado por queda de pressão na tubulação de água, no momento em que é acionada a mangueira de incêndio, fecha-se o contato $P1$, localizado em 5. Assim, energiza-se a bobina $0d2$, fechando-se o contato $0d2$ em 24, que energiza a bobina $C3$, partindo-se a bomba de incêndio. Desse modo, abre-se o contato $3d3$ em 32, desligando-se a bobina $C4$, que corta o sistema de ar-condicionado e liga-se o contato $C3$ em 31 acionando-se a buzina de alarme de incêndio. Caso haja defeito na bomba de incêndio, abre-se o relé térmico em 23 e fecha-se o contato auxiliar em 21, energizando-se a bobina auxiliar $3d2$. Assim, abre-se o contato $3d2$ em 30 e fecha-se o contato $3d2$ em 29, acendendo-se a lâmpada $L3$ em 29.

Nota: Localizada em 30, temos uma botoeira $0b1$ que serve para checar se as lâmpadas estão em boas condições.

Agora estudemos o funcionamento das bombas-d'água $B1$ e $B2$ e de óleo $B3$ (ver Figura 3.23). Para as bombas-d'água, temos dois níveis a controlar: o da cisterna e o da caixa elevada ($N1$ e $N11$). Quando os dois contatos, $N1$ e $N11$, são fechados, energiza-se a bobina auxiliar $0d1$ localizada em 1. Assim, fecham-se os contatos $0d1$ em 2 e 7, energizando-se a bobina auxiliar $1d1$, fechando-se o contato $1d1$ em 13. Desse modo, energiza-se a bobina $C1$ e parte da bomba $B1$, fechando-se o contato $C1$ em 12. Caso haja defeito na bomba $B1$, abre-se o relé térmico em 12 e fecha-se o contato em 10, energizando-se a bobina auxiliar $1d2$, abrindo-se o contato $1d2$ em 23 e fechando-se $1d2$ em 22, acendendo-se a lâmpada $L1$, o que indica defeito na bomba $B1$. Para a bomba $B2$, o funcionamento é semelhante.



Quadros de força de bombas.

Figura 3.25

Para a bomba de óleo *B3* funcionar, deve-se fechar a chave-boia *N13* em 5, o que energiza a bobina auxiliar *0d3*, que fecha o contato *0d3* em 6 e 21, energizando-se a bobina *C3*, que dá a partida na bomba *B3*. Se houver defeito em *B3*, abre-se o relé térmico em 20 e fecha-se o contato em 18, energizando-se a bobina *3d2*, que abre o contato *3d2* em 27 e fecha o contato *3d2* em 26, acendendo-se a lâmpada de defeito *L3*. Do mesmo modo, a botoeira em 27 serve para teste das lâmpadas.

3.5.5 Controle da intensidade luminosa de lâmpadas

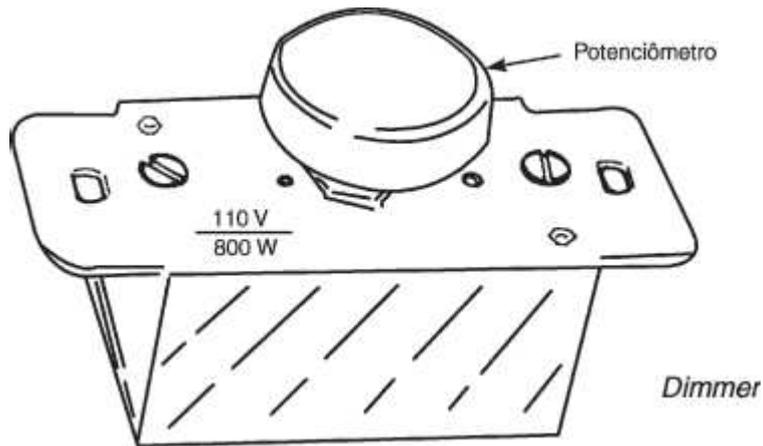
Quando desejamos controlar a intensidade luminosa de uma lâmpada incandescente, podemos usar o seguinte recurso para variar a corrente que passa pelo filamento:

- variar a tensão aplicada, com a utilização de um equipamento eletrônico (Figura 3.26), cuja designação genérica é *dimmer*, em que a dissipação de calor é mínima, pois a corrente da lâmpada não passa pelo potenciômetro, mas pelo tiristor (triac) mediante um controle que lhe impõe o diodo (diac).

Para entendermos o funcionamento desse circuito, precisamos conhecer a função de cada componente do circuito da Figura 3.27. O diodo D_1 tem a finalidade de fazer disparar o triac Q_1 em um certo ângulo de defasagem, de modo que a tensão aplicada à carga possa variar desde um máximo até um valor próximo de zero (parte hachurada da Figura 3.28). Os componentes do circuito (R_1 , R_2 , C_1 e C_2) provocarão um retardo no tempo do disparo do triac Q_1 , pois o diodo D_1 só conduz quando a tensão de corte (*breakover*) ultrapassa 20 volts, e, nesse momento, os capacitores C_1 e C_2 descarregam na “porta” (*gate*) do triac Q_1 , que conduz a tensão para a carga neste exato instante.

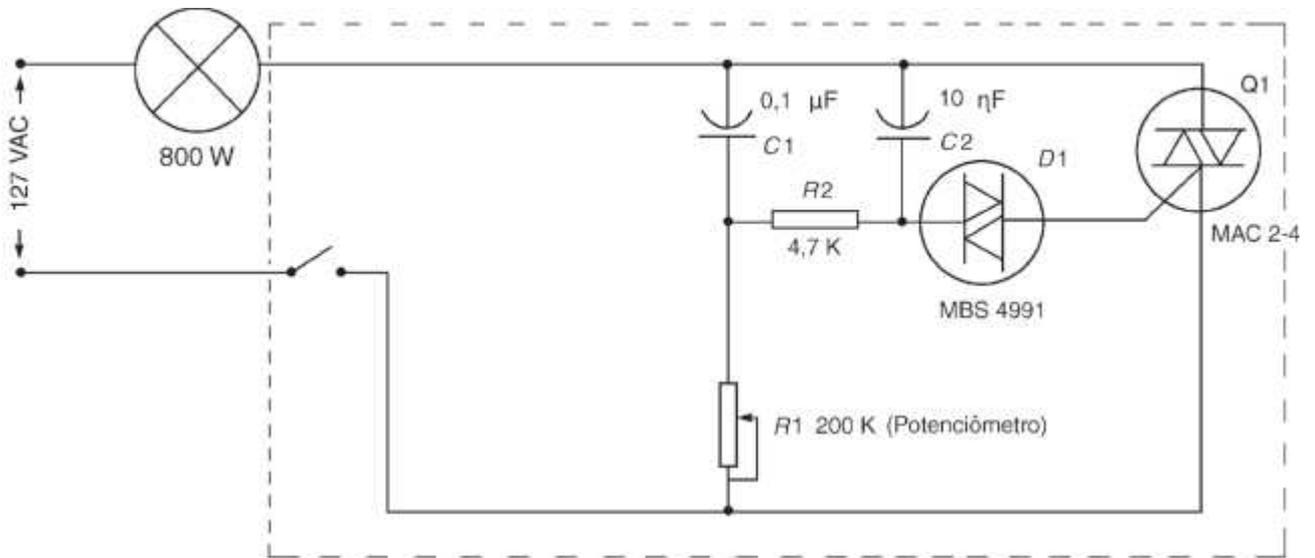
A regulação do tempo de disparo dos capacitores C_1 e C_2 é obtida pela variação da resistência R_1 (potenciômetro): quanto menor o valor dessa resistência, tanto mais rápido será conseguida a tensão de corte do diodo D_1 (20 volts), pela descarga desses capacitores.

Na Figura 3.28, vemos que a tensão aplicada à carga terá um valor menor que a tensão plena (120 V); por isso, o brilho da lâmpada sofrerá uma redução. Nota-se, pela Figura 3.28, que o triac Q_1 é capaz de conduzir nos dois ciclos da alternância da tensão. Desse modo, o controle do brilho será mais suave.



Controle da intensidade da luz incandescente, por *dimmer* — vista externa.

Figura 3.26

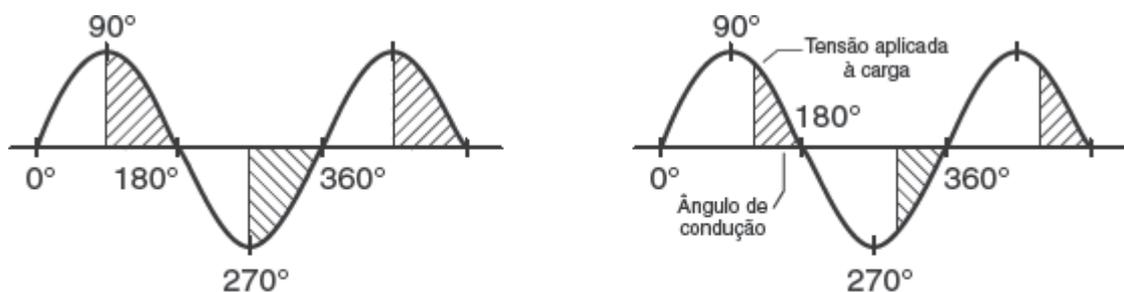


Componentes do *dimmer*:

- C_1 e C_2 — Capacitores
- R_1 — Resistor variável (potenciômetro)
- R_2 — Resistor de valor fixo
- D_1 — Tiristor (DIAC)
- Q_1 — Tiristor (TRIAC)

Controle da intensidade da luz incandescente: diagrama do *dimmer* e sua ligação à lâmpada.

Figura 3.27



(a) Variação da tensão do Triac Q_1

(b) Ângulo de condução do Triac Q_1

Figura 3.28

3.6 Condutores e Linhas Elétricas

3.6.1 Condutores

Os condutores utilizados nas instalações residenciais, comerciais ou industriais de baixa tensão poderão ser de cobre ou de alumínio, com isolamento de PVC (cloreto de polivinil) ou de outros materiais previstos por normas, como EPR ou XLPE.

Antes de decidir como abastecer os pontos de utilização de energia, devemos escolher a maneira de instalar os condutores elétricos, conforme a Tabela 3.4.

Uma vez escolhida a maneira de instalar e conhecida a potência dos pontos de utilização, devemos calcular a corrente em ampères.

Assim estamos em condições de escolher a bitola do condutor pela capacidade de condução de corrente (ver Tabelas 3.6, 3.7, 3.8 e 3.9), aplicando-se os fatores de correção conforme as temperaturas ambientes e o agrupamento de condutores (ver Tabelas 3.10 a 3.14).

A norma NBR 5410:2004 prevê a seção mínima dos condutores conforme o tipo de instalação (ver Tabela 3.2), a seção do condutor neutro (ver Tabela 3.15) e a seção mínima do condutor de proteção (ver Tabela 3.17).

Depois de escolhido o condutor pelos critérios anteriores, devemos verificar se ele satisfaz quanto à queda de tensão admissível, conforme Tabela 3.16.

O condutor a ser escolhido é o de maior seção.

Todo condutor isolado, cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor PEN deve ser identificado de acordo com essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a cor azul-clara, com anilhos verde-amarelos nos pontos visíveis ou acessíveis: na isolação do condutor isolado, na veia do cabo multipolar ou na cobertura do cabo unipolar.

O uso dos condutores de alumínio em instalações industriais é permitido, porém, com as seguintes restrições:

- a) a seção nominal dos condutores deve ser igual ou superior a 16 mm²;
- b) a potência instalada tem de ser igual ou superior a 50 kW;
- c) a instalação e a manutenção devem ser feitas por pessoas qualificadas.

As normas NBR 9513:2010, NBR 9313:1986 e NBR 9326:1986 tratam da técnica das conexões nos condutores de alumínio em locais BD4.

Como exemplos de locais BD4, citam-se prédios de atendimento ao público e de grande altura, hotéis, hospitais etc. Em estabelecimentos comerciais, podem ser usados condutores de alumínio, desde que se obedecem, simultaneamente, às seguintes condições:

- a) a seção nominal aos condutores deve ser igual ou superior a 50 mm²;
- b) os locais devem ser de categoria BDI (prédios exclusivamente residenciais de até 15 pavimentos e prédios de outros tipos de até 6 pavimentos);
- c) a instalação e a manutenção têm de ser realizadas por pessoas qualificadas.

A Tabela 3.2 apresenta as seções mínimas dos condutores que podem ser utilizados nas instalações elétricas de acordo com a NBR 5410:2004.

3.6.2 Seleção e instalação de linhas elétricas

Para a seleção e a instalação das linhas elétricas, pode-se usar um dos métodos de instalação previstos na Tabela 3.3.

3.6.3 Tipos de linhas elétricas

A Tabela 3.4 apresenta os diversos tipos de linhas elétricas de acordo com a NBR 5410:2004.

Tabela 3.2 Seções mínimas dos condutores

Tipo de instalação	Utilização do circuito	Seção mínima do condutor (mm ²) —
--------------------	------------------------	---

			material
Instalações fixas em geral	Cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu
	Condutores nus	Circuitos de força	10 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Ligações flexíveis feitas com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu
		Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu

Notas:

- 1) Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos, são admitidas seções de até 0,1 mm².
- 2) Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias, são admitidas seções de até 0,1 mm².
- 3) Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força. Referência: Tab. 47 da NBR 5410:2004.

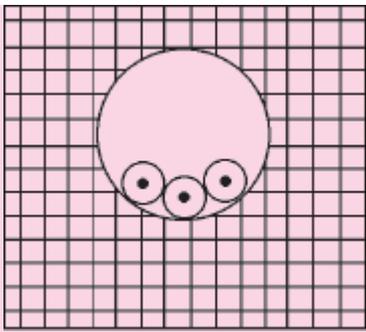
Tabela 3.3 Seleção e instalação das linhas elétricas

Condutores e cabos	Método de instalação							Observação	
	Eletroduto	Moldura	Diretamente fixado	Bandeja Escadas para cabo Parteleiras	Suporte	Calha	Direto (sem fixação)		Sobre isoladores
Condutores isolados	+	+	-	-	-	+	-	+	Todos os condutores devem ter isolamento, sendo apenas permitidos condutores nus em casos especiais.
Cabos unipolares	+	+	+	+	+	+	+	+	
Cabos multipolares	+	0	+	+	+	+	+	0	
Cabos multiplexados (autossustentados)	-	-	+	-	-	-	-	-	
Condutores nus	-	-	-	-	-	-	-	-	

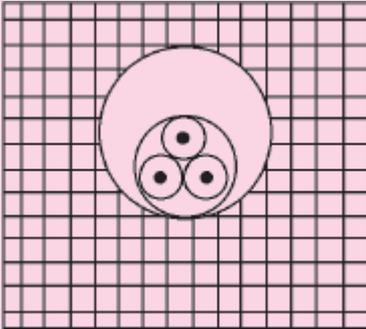
(1) permitido; (2) não permitido e (0) não aplicável ou não usado.

Tabela 3.4 Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência a se utilizar para a capacidade de condução de corrente ⁽¹⁾
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ⁽²⁾	A1
2		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ⁽²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto ⁽³⁾	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto ⁽³⁾	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1

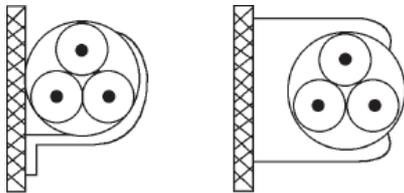


8



Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria

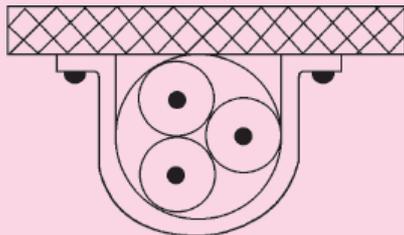
B2



11

Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo

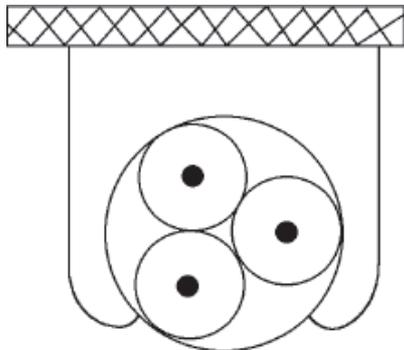
C



11A

Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto⁽⁴⁾

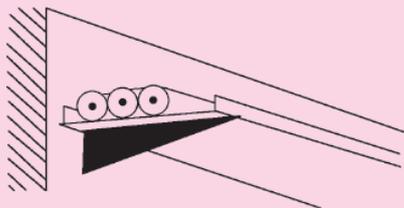
C



11B

Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo

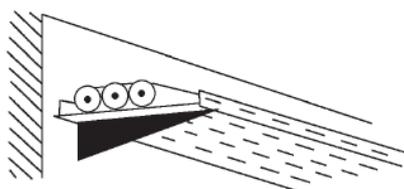
C



12

Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não perfurada perfilado ou prateleira

C



13

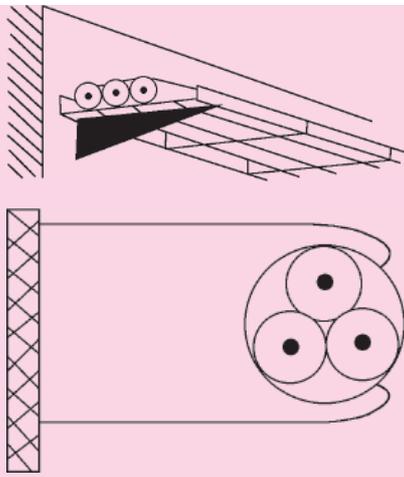
Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical

E (multipolar)
F (unipolares)

14

Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha amada ou tela

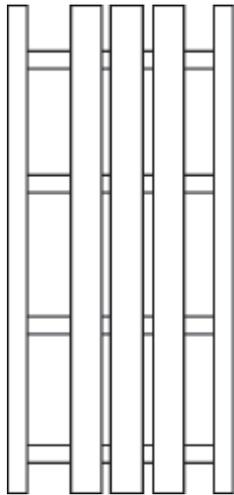
E (multipolar)
F (unipolares)



15

Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo

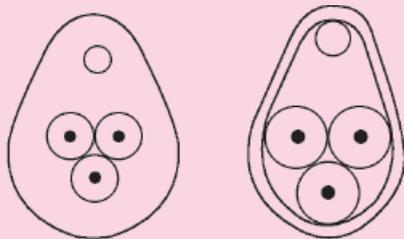
E (multipolar)
F (unipolares)



16

Cabos unipolares ou cabo multipolar em leito

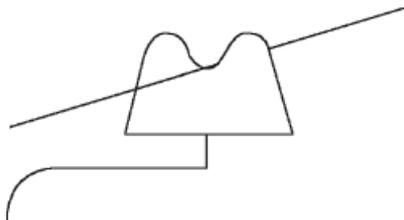
E (multipolar)
F (unipolares)



17

Cabos unipolares ou cabo multipolar suspenso(s) por cabo de suporte, incorporado ou não

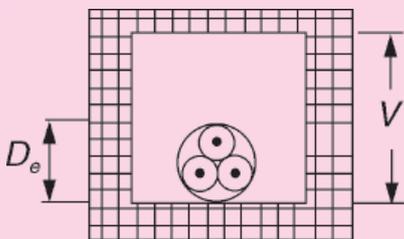
E (multipolar)
F (unipolares)



18

Condutores nus ou isolados sobre isoladores

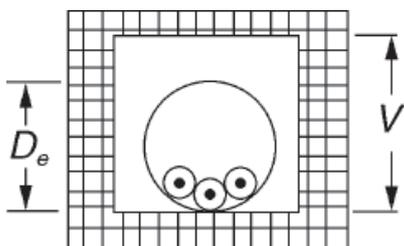
G



21

Cabos unipolares ou cabos multipolares em espaço de construção⁽⁶⁾, sejam eles lançados diretamente sobre a superfície do espaço de construção, sejam instalados em suportes de condutos abertos (bandejas, prateleiras, tela ou leito) dispostos no espaço de construção

$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$
B2
 $5 D_e \leq V < 50 D_e$
B1



22

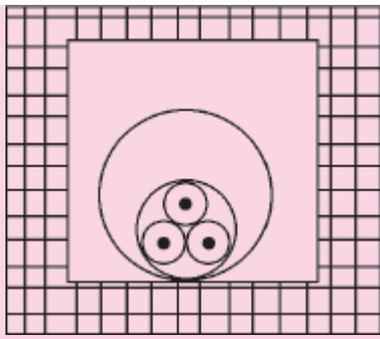
Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção⁽⁶⁾

$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$
B2
 $V \geq 20 D_e$
B1

23

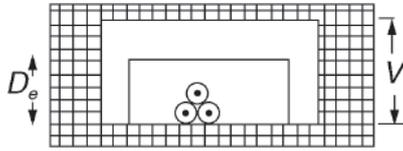
Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção circular em espaço de

B2



construção⁽⁶⁾

24



Condutores isolados em eletroduto de seção não circular ou eletrocalha em espaço de construção⁽⁶⁾

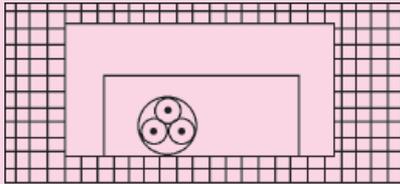
$$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$$

B2

$$V \geq 20 D_e$$

B1

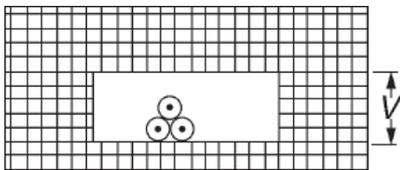
25



Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção ou eletrocalha em espaço de construção⁽⁶⁾

B2

26



Condutores isolados em eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria⁽⁶⁾

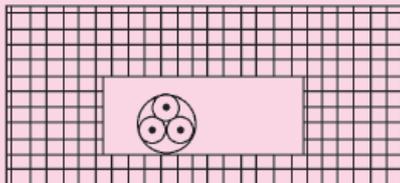
$$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$$

B2

$$5 D_e \leq V < 50 D_e$$

B1

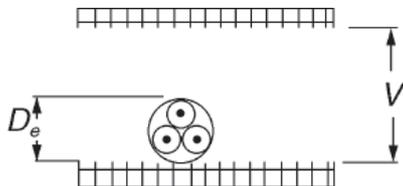
27



Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria⁽⁶⁾

B2

28



Cabos unipolares ou cabo multipolar em forro falso ou em piso elevado⁽⁷⁾

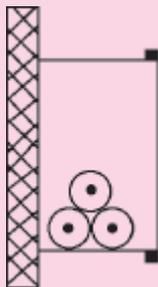
$$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$$

B2

$$5 D_e \leq V < 50 D_e$$

B1

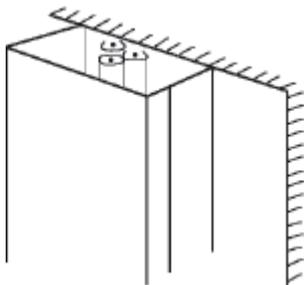
31



Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical

B1

32



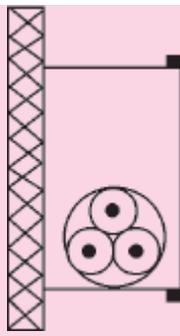
Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical

B1

31A

Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical

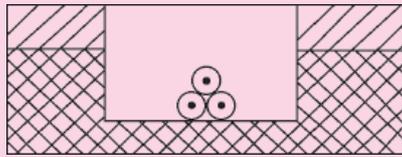
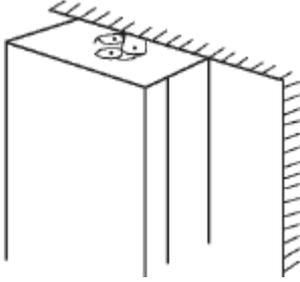
B2



32A

Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical

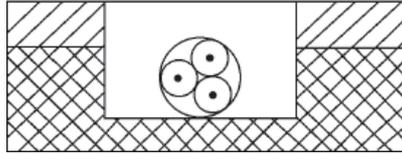
B2



33

Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada encaixada no piso ou no solo

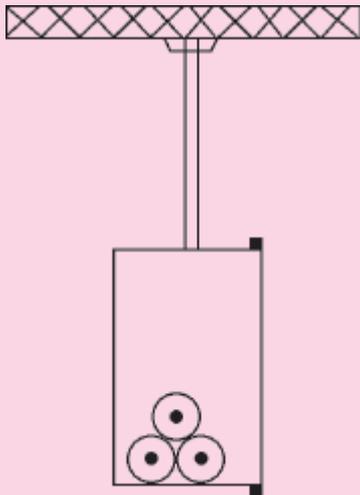
B1



34

Cabo multipolar em canaleta fechada encaixada no piso ou no solo

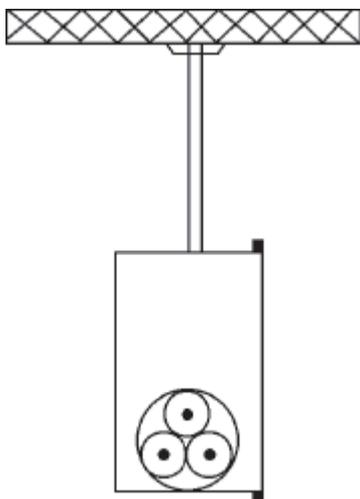
B2



35

Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)

B1



36

Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)

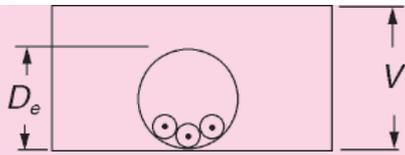
B2

41

Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em

$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$

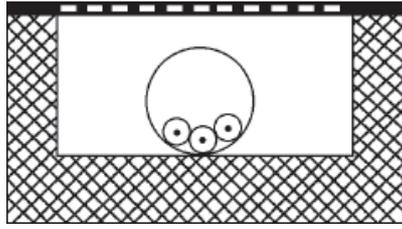
B2



canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical

$V \geq 20 D_e$
B1

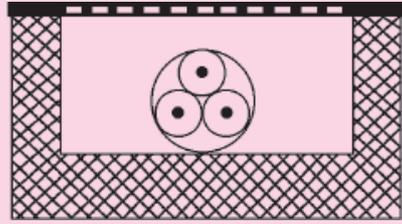
42



Condutores isolados em eletroduto de seção circular contido em canaleta ventilada encaixada no piso ou no solo

B1

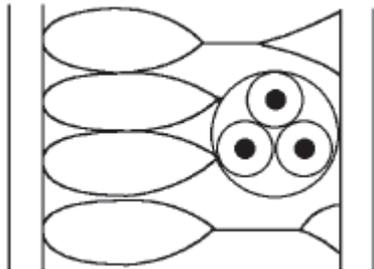
43



Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada encaixada no piso ou no solo

B1

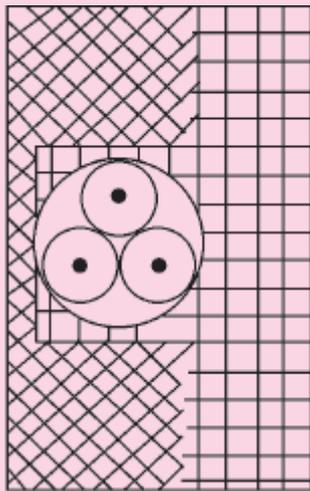
51



Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante

A1

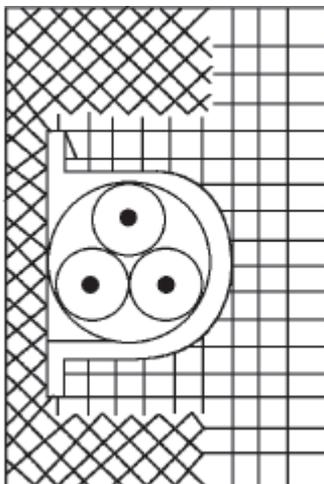
52



Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional

C

53



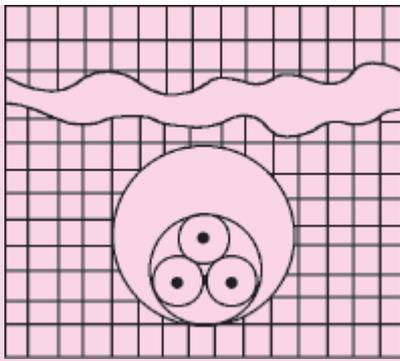
Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica adicional

C

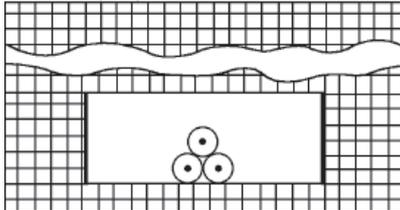
61

Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não ventilada

D



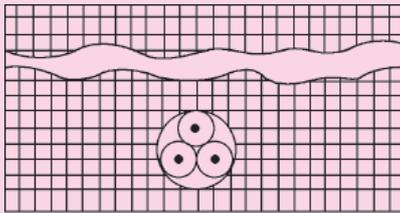
61A



Cabos unipolares em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não ventilada enterrado(a)⁽⁸⁾

D

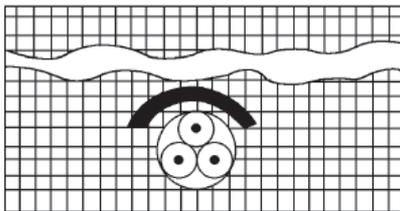
62



Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), sem proteção mecânica adicional⁽⁸⁾

D

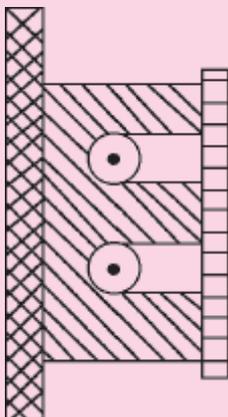
63



Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), com proteção mecânica adicional

D

71



Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura

A1

72



Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta provida de separações sobre parede

B1

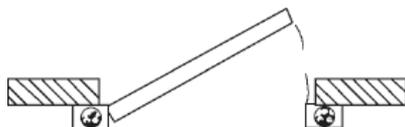
72A

Cabo multipolar em canaleta provida de separações sobre parede

B2



73



Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de porta

A1

74

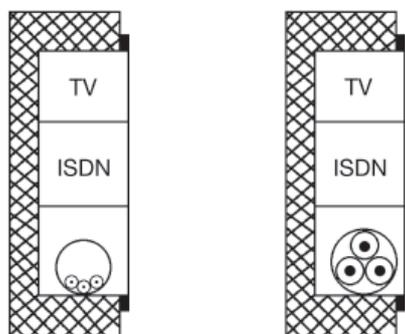


Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de janela

A1

75

75A



Condutores isolados B1 ou cabos unipolares em canaleta embutida em parede
Cabo multipolar em canaleta embutida em parede

B1

B2

(1) Ver 6.2.5.1.2.

(2) O revestimento interno da parede possui condutância térmica de no mínimo $10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

(3) A distância entre o eletroduto e a parede deve ser inferior a 0,3 vez o diâmetro externo do eletroduto.

(4) A distância entre o cabo e a superfície deve ser inferior a 0,3 vez o diâmetro externo do cabo.

(5) A distância entre o cabo e a parede do teto deve ser igual ou superior a 0,3 vez o diâmetro externo do cabo.

(6) Deve-se atentar para o fato de que, quando os cabos estão instalados na vertical e a ventilação é restrita, a temperatura ambiente no topo do trecho vertical pode aumentar consideravelmente.

(7) Os forros falsos e os pisos elevados são considerados espaços de construção.

(8) Os cabos devem ser providos de armação.

Referência: Tabela 33 da NBR 5410:2004.

3.6.4 Capacidade de condução de corrente dos condutores

As prescrições a seguir são destinadas a garantir uma vida satisfatória aos condutores e às suas isolações, submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação de correntes de valores iguais às capacidades de condução de correntes respectivas, durante períodos prolongados em serviço normal.

Outras considerações são as seguintes: prescrições para a proteção contra choques elétricos, proteção contra efeitos térmicos, proteção contra sobrecorrentes, contra a queda de tensão, bem como as temperaturas-limite para os terminais de equipamentos aos quais os condutores estão ligados.

A corrente transportada por qualquer condutor, durante períodos prolongados em funcionamento normal, deve ser tal que a temperatura máxima para serviço contínuo dada na Tabela 3.5 não seja ultrapassada. Para isso, a corrente nos cabos e condutores não deve ser superior aos valores das Tabelas 3.6 a 3.9, submetidos aos fatores de correção das Tabelas 3.10 a 3.14.

0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	361	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1000	767	679	698	618	1012	906	827	738	1125	996	792	652

Aluminio

16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	207	189	157

150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	295	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1 000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Referência: Tabela 36 da NBR 5410:2004.

Tabela 3.7 Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

- Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares — cobre e alumínio, isolação de EPR ou XLPE.
- Temperatura de 90 °C no condutor
- Temperaturas — 30 °C (ambiente); 20 °C (solo).

Seções nominais mm ²	Métodos de instalação definidos na Tabela 3.4											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)

Cobre

0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144

70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	525	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596
800	885	792	805	721	1 158	1 020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1 014	908	923	826	1 332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767

Alumínio

16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	218	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1 000	812	712	739	648	1 061	955	870	780	1 108	950	706	598

Referência: Tabela 37 da NBR 5410:2004.

Tabela 3.8 Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G

- Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares — cobre e alumínio, isolação de PVC.
- Temperatura de 70 °C no condutor.
- Temperatura ambiente — 30 °C.

Métodos de instalação definidos na Tabela 3.4

Seções nominais mm ²	Métodos de instalação definidos na Tabela 3.4						
	E	E	F	F	F	G	G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)

Os diagramas mostram as seguintes configurações:

- (2) Um condutor isolado em um tubo.
- (3) Um cabo unipolar em um tubo.
- (4) Dois cabos unipolares em um tubo, separados por 'ou'.
- (5) Um cabo multipolar em um tubo.
- (6) Um cabo multipolar em um tubo, com 'ou' e um símbolo de conexão.
- (7) Um cabo multipolar em um tubo, com um símbolo de conexão D_c .
- (8) Um condutor isolado em um tubo.

Cobre

0,5	11	9	11	8	9	12	10
0,75	14	12	14	11	11	16	13
1	17	14	17	13	14	19	16
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	715	597	754	656	689	852	795
500	826	689	868	749	789	982	920

630	958	798	1 005	855	905	1 138	1 070
800	1 118	930	1 169	971	1 119	1 325	1 251
1 000	1 292	1 073	1 346	1 079	1 296	1 528	1 448

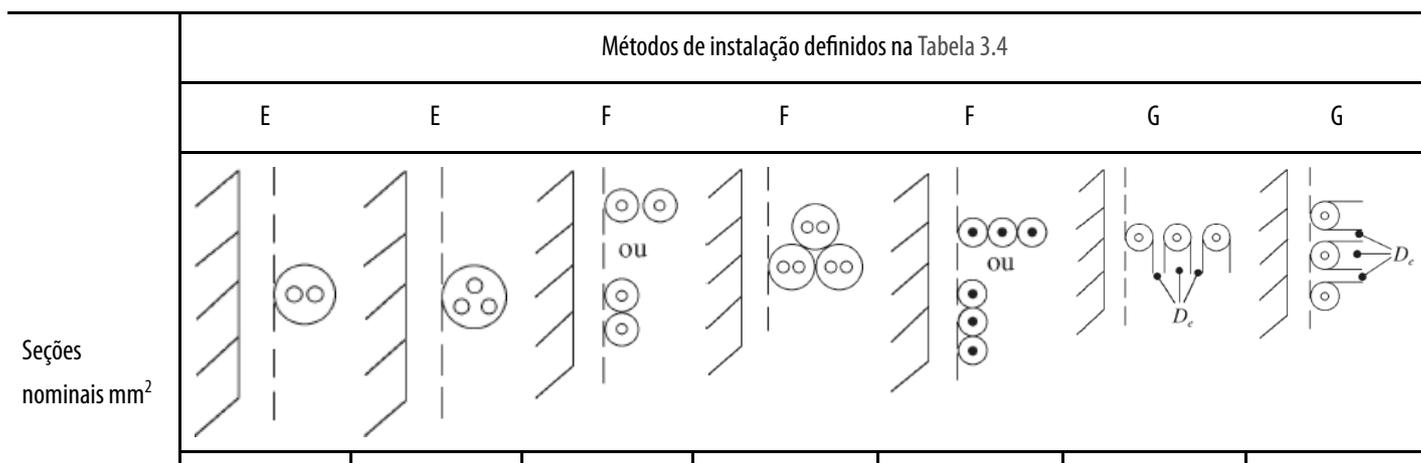
Alumínio

16	73	61	73	62	65	84	73
25	89	78	98	84	87	112	99
35	111	96	122	105	109	139	124
50	135	117	149	128	133	169	152
70	173	150	192	166	173	217	196
95	210	183	235	203	212	265	241
120	244	212	273	237	247	308	282
150	282	245	316	274	287	356	327
185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447
300	439	381	497	434	455	557	519
400	528	458	600	526	552	671	629
500	608	528	694	610	640	775	730
630	705	613	808	711	640	775	730
800	822	714	944	832	875	1 050	1 000
1 000	948	823	1 092	965	1 015	1 213	1 161

Referência: Tabela 38 da NBR 5410:2004.

Tabela 3.9 Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G

- Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares — cobre e alumínio, isolação de EPR ou XLPE.
- Temperatura de 90 °C no condutor.
- Temperatura ambiente — 30 °C.



(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Cobre

0,5	13	12	13	10	10	15	12
0,75	17	15	17	13	14	19	16
1	21	18	21	16	17	23	19
1,5	26	23	27	21	22	30	25
2,5	36	32	37	29	30	41	35
4	49	42	50	40	42	56	48
6	63	54	65	53	55	73	63
10	86	75	90	74	77	101	88
16	115	100	121	101	105	137	120
25	149	127	161	135	141	182	161
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	892	745	940	823	868	1 085	1 008
500	1 030	859	1 083	946	998	1 253	1 169
630	1 196	995	1 254	1 088	1 151	1 454	1 362
800	1 396	1 159	1 460	1 252	1 328	1 696	1 595
1 000	1 613	1 336	1 683	1 420	1 511	1 958	1 849

Alumínio

16	91	77	90	76	79	103	90
25	108	97	121	103	107	138	122
35	135	120	150	129	135	172	153
50	164	146	184	159	165	210	188
70	211	187	237	206	215	271	244

95	257	227	289	253	264	332	300
120	300	263	337	296	308	387	351
150	346	304	389	343	358	448	408
185	397	347	447	395	413	515	470
240	470	409	530	471	492	611	561
300	543	471	613	547	571	708	652
400	654	566	740	663	694	856	792
500	756	652	856	770	806	991	921
630	879	755	996	899	942	1 154	1 077
800	1 026	879	1 164	1 056	1 106	1 351	1 266
1 000	1 186	1 012	1 347	1 226	1 285	1 565	1 472

Referência: Tabela 39 da NBR 5410:2004.

Tabela 3.10 Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30 °C para linhas não subterrâneas e de 20 °C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

Temperatura ambiente (°C)	Isolação		Temperatura do solo (°C)	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE		PVC	EPR ou XLPE
10	1,22	1,15	10	1,10	1,07
15	1,17	1,12	15	1,05	1,04
20	1,12	1,08	25	0,95	0,96
25	1,06	1,04	30	0,89	0,93
35	0,94	0,96	35	0,84	0,89
40	0,87	0,91	40	0,77	0,85
45	0,79	0,87	45	0,71	0,80
50	0,71	0,82	50	0,63	0,76
55	0,61	0,76	55	0,55	0,71
60	0,50	0,71	60	0,45	0,65
65	—	0,65	65	—	0,60
70	—	0,58	70	—	0,53
75	—	0,50	75	—	0,46
80	—	0,41	80	—	0,38

Referência: Tabela 40 da NBR 5410:2004.

Tabela 3.11 Fatores de correção para cabos contidos em eletrodutos enterrados no solo, com resistividades térmicas diferentes de 2,5 K m/W, a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência D

Resistividade térmica (K·m/W)	1	1,5	2	3
Fator de correção	1,18	1,1	1,05	0,96

Notas:

- 1) Os fatores de correção dados são valores médios para as seções nominais incluídas nas Tabelas 4.4 e 4.5, com uma dispersão geralmente inferior a 5%.
- 2) Os fatores de correção são aplicáveis a cabos em eletrodutos enterrados, a uma profundidade de até 0,8 m.
- 3) Os fatores de correção para cabos diretamente enterrados são mais elevados para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K m/W e podem ser calculados pelos métodos dados na NBR 11301:1990. Referência: Tabela 41 da NBR 5410:2004.

Tabela 3.12 Fatores de correção para agrupamento de circuitos ou cabos multipolares, aplicáveis aos valores de capacidade de condução de corrente dados nas Tabelas 3.6, 3.7, 3.8 e 3.9

Item	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	de 9 a 11	de 12 a 15	de 16 a 19	≥ 20	
1	Feixe de cabos ao ar livre ou sobre superfície; cabos em condutos fechados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	De 36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira (Nota 7)	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71		0,70			De 36 a 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62		0,61			
4	Camada única em bandeja perfurada (Nota 7)	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72		0,72			
5	Camada única em leito, suporte etc. (Nota 7)	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78		0,78			De 38 a 39 (métodos E e F)

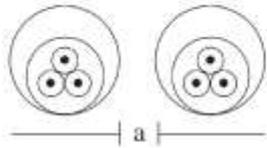
Notas:

- 1) Esses fatores são aplicáveis a grupos de cabos, uniformemente carregados.
 - 2) Quando a distância horizontal entre os cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não será necessário aplicar nenhum fator de redução.
 - 3) Os mesmos fatores de correção são aplicáveis a:
 - grupos de 2 ou 3 condutores isolados ou cabos unipolares;
 - cabos multipolares.
 - 4) Se um agrupamento é constituído tanto de cabos bipolares como de cabos tripolares, o número total de cabos é tomado igual ao número de circuitos, e o fator de correção correspondente é aplicado às tabelas de 2 condutores carregados, para os cabos bipolares, e às tabelas de 3 condutores carregados para os cabos tripolares.
 - 5) Se um agrupamento consiste em N condutores isolados ou cabos unipolares, pode-se considerar tanto $N/2$ circuitos com 2 condutores carregados como $N/3$ circuitos com 3 condutores carregados.
 - 6) Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.
 - 7) Os fatores de correção dos itens 2, 4 e 5 são genéricos e podem não atender a situações específicas. Nesses casos, deve-se recorrer à Tabela 3.14.
- Referência: Tabela 42 da NBR 5410:2004.

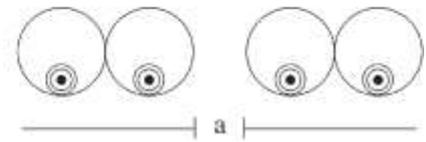
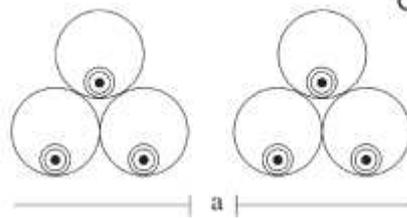
Tabela 3.13 Fatores de agrupamento para mais de um circuito — cabos unipolares ou cabos multipolares diretamente enterrados (método de referência D)

Número de circuitos	Distância entre cabos (a)				
	Nula	1 diâmetro de cabo	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

Cabos multipolares



Cabos unipolares



Nota: Os valores indicados são aplicáveis para uma profundidade de 0,7 m e uma resistividade térmica do solo de 2,5 K m/W. São valores médios para as dimensões dos cabos constantes nas Tabelas 3.6 e 3.7. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de 10% em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à NBR 11301:1990.

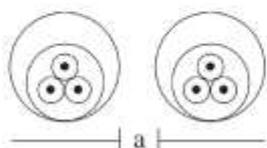
Referência: Tabela 44 da NBR 5410:2004.

Tabela 3.14 Fatores de agrupamento para mais de um circuito — cabos em eletrodutos diretamente enterrados

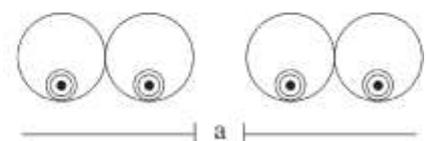
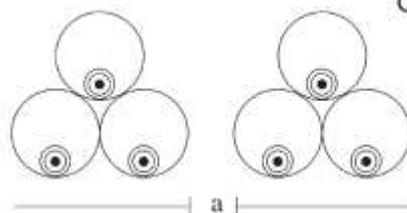
Cabos multipolares em eletrodutos — 1 cabo por eletroduto				
Número de circuitos	Espaçamento entre eletrodutos (a)			
	Nulo	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,80

Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrodutos — 1 condutor por eletroduto				
Número de circuitos (2 ou 3 cabos)	Espaçamento entre eletrodutos (a)			
	Nulo	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

Cabos multipolares



Cabos unipolares



Nota: Os valores indicados são aplicáveis para uma profundidade de 0,7 m e uma resistividade térmica do solo de 2,5 K m/W. São valores médios para as dimensões dos cabos constantes nas Tabelas 3.6 e 3.7. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de 10% em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à NBR 11301.

Referência: Tabela 45 da NBR 5410:2004.

Tabela 3.15 Seção reduzida do condutor neutro em circuitos trifásicos a quatro fios

Seção dos condutores-fase (mm ²)	Seção mínima do condutor neutro (mm ²)
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Referência: Tabela 48 da NBR 5410:2004 – atendidas as três condições a seguir:

- 1) O circuito for presumivelmente equilibrado;
- 2) A corrente das fases não contiver uma taxa de terceira harmônica e múltiplos a 15%; e
- 3) O condutor neutro for protegido contra sobrecorrentes.

Tabela 3.16 Limites de queda de tensão

	Iluminação	Outros usos
A – Instalações alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão, a partir de uma rede de distribuição pública de baixa tensão.	5%	5%
B – Instalações alimentadas diretamente por subestação de transformação ou transformador, a partir de uma instalação de alta tensão	7%	7%
C – Instalações que possuam fonte própria.	7%	7%

De acordo com a NBR 5410:2004.

Notas:

- 1) Nos casos B e C, as quedas de tensão nos circuitos terminais não devem ser superiores aos valores indicados em A.
- 2) Nos casos B e C, quando as linhas principais de instalação tiverem um comprimento superior a 100 m, as quedas de tensão podem ser aumentadas de 0,005% por metro de linha superior a 100 m, sem que, no entanto, essa suplementação seja superior a 0,5%.
- 3) Quedas de tensão maiores que as da tabela acima são permitidas para equipamentos com corrente de partida elevada, durante o período de partida, desde que dentro dos limites permitidos em suas normas respectivas.

Tabela 3.17 Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores-fase da instalação S (mm ²)	Seção mínima do condutor de proteção correspondente S_{PE} (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16

Referência: Tabela 58 da NBR 5410:2004.

3.7 Dimensionamento dos Condutores pela Queda de Tensão Admissível

3.7.1 Quedas de tensão admissíveis

Os aparelhos de utilização de energia elétrica são projetados para trabalharem a determinadas tensões, com uma tolerância pequena.

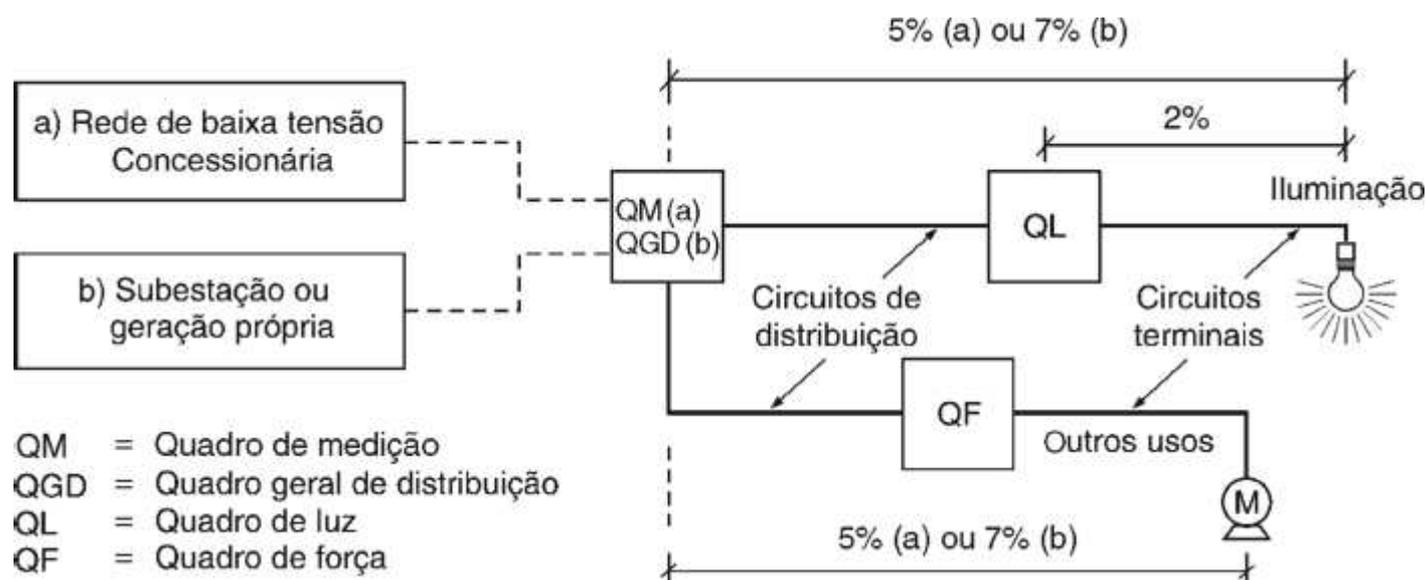
Tais quedas são função da distância entre a carga e o medidor e a potência da carga.

As quedas de tensão admissíveis são dadas em porcentagem da tensão nominal ou de entrada:

$$\text{Queda de tensão percentual (e \%)} = \frac{\text{tensão de entrada} - \text{tensão na carga}}{\text{tensão de entrada}} \times 100$$

Pela norma NBR 5410:2004, admitem-se as seguintes quedas de tensão (Figura 3.30):

- a) para instalações alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão, a partir da rede de distribuição pública de baixa tensão: 5%;
- b) instalações alimentadas diretamente por uma subestação de transformação a partir de uma instalação de alta tensão ou que possuam fonte própria: 7%.



Quedas de tensão admissíveis.

Figura 3.29

Observação: Para circuitos trifásicos, substituir 2 por $\sqrt{3}$ e V pelo valor da tensão fase-fase.

As Tabelas 3.18 e 3.19 fornecem as quedas de tensão percentuais para os alimentadores e ramais em função das distâncias e potências utilizadas, medidas em watts ou VA, para circuitos monofásicos e bifásicos, com fator de potência unitário.

As Tabelas 3.18 e 3.19 foram obtidas da seguinte fórmula:

$$S = 2\rho \frac{1}{e(\%) V^2} \times (p_1 l_1 + p_2 l_2 + \dots)$$

em que:

S = seção do condutor em mm²;

P = potência consumida em watts;

$$\rho = \text{resistividade do cobre} = \frac{1}{58} \frac{\text{ohms} \times \text{mm}^2}{\text{m}}$$

l = comprimento em metros;

$e\%$ = queda de tensão percentual/100;

V = 127 ou 220 volts.

Tabela 3.18 Soma das potências em watts × distância em metros $V = 127$ volts

mm ²	Queda de tensão e (%)				
	1%	2%	3%	4%	5%
1,5	7 016	14 032	21 048	28 064	35 081
2,5	11 694	23 387	35 081	46 774	58 468
4	18 710	37 419	56 129	74 839	93 548
6	28 064	56 129	84 193	112 258	140 322
10	46 774	93 548	140 322	187 096	233 871
16	74 839	149 677	224 516	299 354	374 193
25	116 935	233 871	350 806	467 741	584 676
35	163 709	327 419	491 128	654 837	818 547
50	233 871	467 741	701 612	935 482	1 169 353
70	327 419	654 837	982 256	1 309 675	1 637 094
95	444 354	888 708	1 333 062	1 777 416	2 221 770

Tabela 3.19 Soma das potências em watts × distância em metros $V = 220$ volts (2 condutores)

Condutor (mm ²)	Queda de tensão e (%)				
	1%	2%	3%	4%	5%
1,5	21 054	42 108	63 162	84 216	105 270
2,5	35 090	70 180	105 270	140 360	175 450
4	56 144	112 288	168 432	224 576	280 720
6	84 216	168 432	252 648	336 864	421 080
10	140 360	280 720	421 080	561 440	701 800
16	224 576	449 152	673 728	898 304	1 122 880
25	350 900	701 800	1 052 700	1 403 600	1 754 500
35	491 260	982 520	1 473 780	1 965 040	2 456 300
50	701 800	1 403 600	2 105 400	2 807 200	3 509 000
70	982 520	1 965 040	2 947 560	3 930 080	4 912 600

Observação: Para circuitos trifásicos, multiplicar as distâncias por $\frac{\sqrt{3}}{2} = 0,866$.

EXEMPLO

Dimensionar o alimentador e os ramais de um apartamento situado no 9º andar, com dois circuitos, de acordo com o esquema da Figura 3.31. Tensão de 127 volts.

- Dimensionamento do circuito 1:

Soma das potências

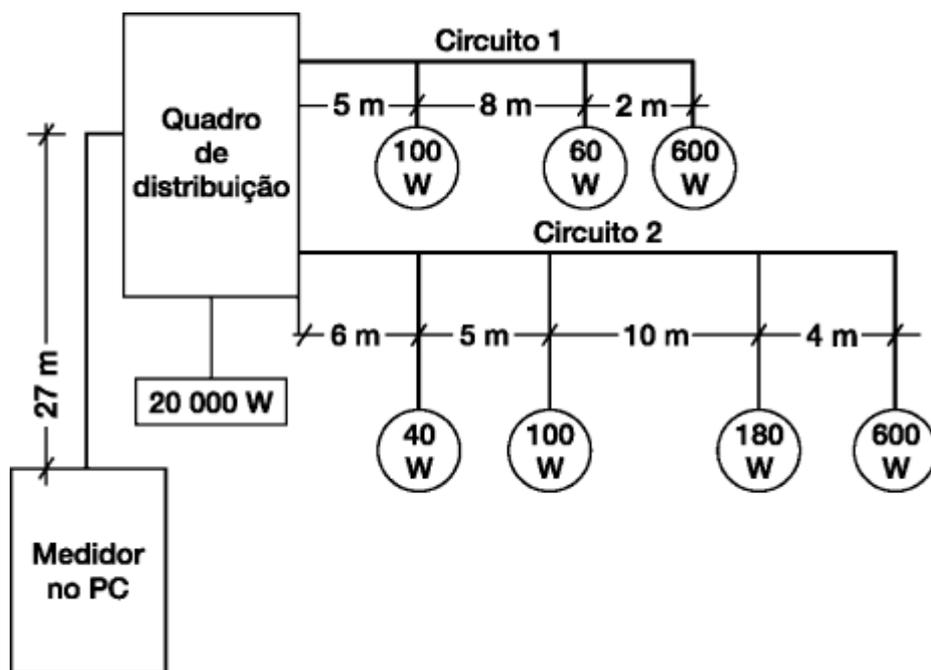
$$100 \times 5 = 500$$

$$60 \times 13 = 780$$

$$600 \times 15 = \underline{9\ 000}$$

$$10\ 280 \text{ (watts} \times \text{metros)}$$

Então, vemos que o fio de $1,5 \text{ mm}^2$ é suficiente para 2% de queda de tensão (Tabela 3.18).



Esquema de alimentação de circuitos.

Figura 3.30

- Dimensionamento do circuito 2: Soma das potências \times distância: 40

$$40 \times 6 = 240$$

$$100 \times 11 = 1\ 100$$

$$180 \times 21 = 3\ 780$$

$$600 \times 25 = \underline{15\ 000}$$

$$20\ 120 \text{ (watts} \times \text{metros)}$$

Então, o fio de 2,5 mm² é suficiente para 2% de queda de tensão.

- Dimensionamento do alimentador:

Supondo toda a carga concentrada no quadro de distribuição e que a alimentação seja trifásica a 4 fios, teremos:

$$21\,680 \times 27 \times 0,866 = 506\,922 \text{ W} \times \text{m}.$$

Pela Tabela 3.18, temos de usar o fio de 16 mm² para 3% de queda de tensão.

Para se dimensionar em definitivo, temos de examinar pelos dois critérios: queda de tensão admissível e capacidade de corrente, escolhendo o condutor de maior área.

Outra maneira de calcular o alimentador é utilizando a Tabela 3.18 do seguinte modo:

Dividir a potência por 3: $21\,680/3 = 7\,227 \text{ W}$

$$7\,227 \text{ W} \times 27 \text{ m} = 195\,129 \text{ W} \times \text{m}.$$

Pela Tabela 3.18, para a queda de tensão de 3%, teremos de usar o fio de 16 mm².

3.8 Fator de Demanda

Como é fácil de se compreender, em qualquer instalação elétrica raramente se utilizam todos os pontos de luz ou tomadas de corrente ao mesmo tempo. Em pequenas residências, é mais provável que isso aconteça do que nas grandes moradias.

Fator de demanda é o fator por que deve ser multiplicada a potência instalada para se obter a potência que será realmente utilizada:

$$FD = \frac{\text{potência utilizada}}{\text{potência instalada}} \times 100.$$

Tabela 3.20 Fatores de demanda para cargas de iluminação e pequenos aparelhos*

Tipo de carga	Potência instalada (VA)	Fator de demanda (%)	Carga mínima (kVA/m ²)
Residências (casas e apartamentos)	Até 1 000	80	30 e nunca inferior a 2 200 VA
	De 1 000 a 2 000	75	
	De 2 000 a 3 000	65	
	De 3 000 a 4 000	60	
	De 4 000 a 5 000	50	
	De 5 000 a 6 000	45	
	De 6 000 a 7 000	40	
	De 7 000 a 8 000	35	
	De 8 000 a 9 000	30	
	De 9 000 a 10 000	27	
Acima de 10 000	24		
Auditórios, salões de exposição, salas de vídeos e semelhantes		80	15
Bancos, postos de serviço público e semelhantes		80	50
Barbearias, salões de beleza e semelhantes		80	20
Clubes e semelhantes		80	20
Escolas e semelhantes	Até 12 000	80	30
	Acima de 12 000	50	

Escritórios		Até 20 000	80	50
		Acima de 20 000	60	
Garagens, áreas de serviço e semelhantes	Residencial	Até 10 000	80	5
		Acima de 10 000	25	
	Não residencial	Até 30 000	80	
		De 30 000 a 100 000	60	
		Acima de 100 000	40	
Hospitais, centros de saúde e semelhantes		Até 50 000	40	20
		Acima de 50 000	20	
Hotéis, motéis e semelhantes		Até 20 000	50	20
		De 21 000 a 100 000	40	
		Acima de 100 000	30	
Igrejas e semelhantes			80	15
Lojas e semelhantes			80	20
Restaurantes e semelhantes			80	20
Quartéis e semelhantes		Até 15 000	100	30
		Acima de 15 000	40	

Nota: Instalações em que, pela sua natureza, a carga seja utilizada simultaneamente deverão ser consideradas com fator de demanda 100%.

*Cada concessionária tem a sua norma própria para o cálculo da demanda, sendo aconselhável consultá-la para aprovação dos projetos.

EXEMPLO

Dimensionamento

No fim deste volume, há um projeto completo de instalações elétricas. Dimensionemos, por exemplo, o alimentador do apartamento 201 do edifício tomado como referência.

Dados:

Carga total do apartamento = 4 240 W (luz e tomada) + 4 400 W (chuveiro) + 1 500 W (arcondicionado)

Distância do apartamento ao medidor = 12 metros

Tensão = 127 V

Fator de demanda a se considerar (Tabela 3.20) para carga de iluminação e tomadas de uso geral:

Entre 0 – 1 000 W — 80%

1 000 – 2 000 W — 75%

2 000 – 3 000 W — 65%

3 000 – 4 000 W — 60%

4 000 – 5 000 W — 50%

Demanda a se considerar:

Luz e tomada:

$$800 + 750 + 650 + 600 + (240 \cdot 0,5) = 2 920 \text{ W}$$

$$\text{Ar-condicionado (100\%)} + \text{chuveiro} = 1 500 + 4 400 = 5 900 \text{ W.}$$

Algumas concessionárias só exigem o cálculo da demanda para cargas instaladas maiores que 8 800 W.

Dimensionamento pela queda de tensão:

$$8\,820 \div 2 \times 12 = 52\,920 \text{ watts} \times \text{m.}$$

Demanda total:

$$2\,920 + 5\,900 = 8\,820 \text{ W.}$$

Condutor indicado (Tabela 3.18): para 3% de queda de tensão, é 4,0 mm².

Dimensionamento pela capacidade de corrente:

$$I = \frac{8\,820}{2 \times 127} = 34,7 \text{ A.}$$

Condutor indicado (Tabelas 3.4 e 3.6): 6 mm² (eletroduto embutido na alvenaria).

Então, o condutor escolhido é o de 6,0 mm²; no alimentador, teremos 2 fases todos de 6,0 mm².

O eletroduto indicado será o de 15 mm (Tabela 3.22).

3.9 Fator de Diversidade

Entre várias unidades de um mesmo conjunto de residências com energia vinda da mesma fonte, há uma diversificação entre as demandas individuais de cada residência; assim, temos os fatores de diversidade apresentados na Tabela 3.21.

Tabela 3.21 Fatores para diversificação de cargas em função do número de apartamentos

Número de apartamentos	Fator de diversidade	Número de apartamentos	Fator de diversidade	Número de apartamentos	Fator de diversidade
–	–	34	25,90	67	44,86
–	–	35	26,50	68	45,42
–	–	36	27,10	69	45,98
4	3,88	37	27,71	70	46,54
5	4,84	38	28,31	71	47,10
6	5,00	39	28,92	72	47,66
7	6,76	40	29,52	73	48,22
8	7,72	41	30,12	74	48,78
9	8,68	42	30,73	75	49,34
10	9,64	43	31,33	76	49,90
11	10,42	44	31,94	77	50,46
12	11,20	45	32,54	78	51,02
13	11,98	46	33,10	79	51,58
14	12,76	47	33,66	80	52,14
15	13,54	48	34,22	81	52,70
16	14,32	49	34,70	82	53,26

17	15,10	50	35,34	83	53,82
18	15,89	51	35,90	84	54,38
19	16,66	52	36,46	85	54,94
20	17,44	53	37,02	86	55,50
21	18,04	54	37,58	87	56,06
22	18,65	55	38,14	88	56,62
23	19,25	56	38,70	89	57,18
24	19,86	57	39,26	90	57,74
25	20,46	58	39,82	91	58,30
26	21,06	59	40,38	92	58,86
27	21,67	60	40,94	93	59,42
28	22,27	61	41,50	94	59,98
29	22,88	62	42,06	95	60,54
30	23,48	63	42,62	96	61,10
31	24,08	64	43,18	97	61,66
32	24,69	65	43,74	98	62,22
33	25,29	66	44,30	99	62,78
				100	63,34

Fonte: RECON – BT da Light.

EXEMPLO

Em um conjunto residencial com 100 unidades, cada qual com demanda de 4 000 VA, a demanda do agrupamento das 100 unidades será:

$$4\,000 \times 63,24 = 252\,960 \text{ VA}$$

Valor que será considerado no dimensionamento do alimentador do conjunto residencial.

3.10 Eletrodutos

Como os eletrodutos compõem um dos tipos de linhas elétricas de maior uso nas instalações elétricas, será apresentado neste item um resumo das prescrições para instalação e dimensionamento. Para mais informações e dimensionamento dos diversos tipos de linhas elétricas, consulte o Capítulo 10 – Técnica da Execução das Instalações Elétricas.

3.10.1 Prescrições para instalação

É vedado o uso, como eletroduto, de produtos que não sejam expressamente apresentados e comercializados como tal.

Nas instalações abrangidas pela NBR 5410:2004, são apenas admitidos eletrodutos não propagantes de chama.

Só são admitidos em instalação embutida os eletrodutos que suportem os esforços de deformação característicos da técnica construtiva utilizada.

Em qualquer situação, os eletrodutos devem suportar as solicitações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas a que forem submetidos nas condições da instalação.

3.10.2 Dimensionamento

As dimensões internas dos eletrodutos e de suas conexões devem permitir que, após montagem da linha, os condutores possam ser instalados e retirados com facilidade. Para tanto, a área máxima a ser utilizada pelos condutores, aí incluído o isolamento, deve ser de:

- 53% no caso de um condutor;
- 31% no caso de dois condutores;
- 40% no caso de três ou mais condutores.

Como a área útil do eletroduto é dada por:

$$A_{ele} = \pi D_i^2 / 4$$

e considerando que

$\sum A_{cond}$ = Soma das áreas externas dos condutores a serem instalados então, o diâmetro interno do eletroduto pode ser determinado pela equação:

$$D_i = \sqrt{\frac{4 \times \sum A_{cond}}{f \times \pi}}$$

sendo:

$f = 0,53$ no caso de um condutor;

$f = 0,31$ no caso de dois condutores;

$f = 0,40$ no caso de três ou mais condutores.

EXEMPLO

Determine o diâmetro mínimo do eletroduto rígido de aço-carbono capaz de conter os condutores de 4 circuitos monofásicos, de uma mesma instalação, todos com condutores isolados com PVC 70 °C, sendo:

dois circuitos com condutores de 6 mm² (área total de 16,6 mm²); um circuito com condutores de 4 mm² (13,2 mm²) e um circuito com condutores de 2,5 mm² (10,2 mm²). O condutor de proteção dos quatro circuitos é de 6 mm².

Assim, a área total ocupada pelos condutores é de:

$$\sum A_{cond} = (4 \times 16,6) + (2 \times 13,2) + (2 \times 10,2) + (1 \times 16,6) = 129,8 \text{ mm}^2$$

$$D_i = \sqrt{4 \times 129,8 \div 0,40 \times \pi} = 20,3 \text{ mm}$$

Da Tabela 10.3 (Capítulo 10), escolhemos o eletroduto de 20 mm (3/4").

Quando todos os condutores instalados no eletroduto forem iguais, podemos utilizar diretamente as Tabelas 3.22 e 3.23.

Tabela 3.22 Eletroduto de aço-carbono, NBR 5597:2007

Seção nominal do condutor (mm ²)	Quantidade de cabos Noflam BWF Flex 450/750										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cu	Total*										
	Diâmetro nominal (DN) dos eletrodutos em milímetros										

1,5	6,6	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
2,5	10,2	15	15	15	15	15	15	20	20	20	20
4	13,2	15	15	15	15	20	20	20	20	20	20
6	16,6	15	15	15	20	20	20	20	25	25	25
10	28,3	15	20	20	25	25	25	25	32	32	32
16	38,5	20	20	25	25	32	32	32	32	32	40
25	58,1	25	25	32	32	32	40	40	50	50	50
35	78,5	25	32	32	40	40	50	50	50	50	65
50	116,9	32	40	50	50	50	65	65	65	65	80
70	147,4	40	50	50	50	65	65	65	80	80	80
95	201,1	50	50	65	65	80	80	80	80	90	90
120	254,5	50	65	65	80	80	80	90	90	100	100
150	311,0	65	65	80	80	90	90	100	100	100	
185	397,6	65	80	80	90	100	100				

Tamanho nominal dos eletrodutos rígidos de aço-carbono — Equivalência

(mm)	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	
(polegadas)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	

*Área total do condutor considerando a isolação.

Tabela 3.23 Eletroduto rígido de PVC, tipo roscável, conforme NBR 15465:2008

Seção nominal do condutor (mm ²)	Quantidade de cabos										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cu	Total*	Diâmetro nominal (DN) dos eletrodutos em milímetros									
1,5	6,6	20	20	20	20	20	20	20	20	20	25
2,5	10,2	20	20	20	20	20	25	25	25	25	25
4	13,2	20	20	20	20	20	20	20	20	25	25
6	16,6	20	20	25	25	25	25	32	32	32	32
10	28,3	25	25	32	32	32	32	40	40	40	40
16	38,5	25	32	32	40	40	40	40	50	50	50
25	58,1	32	40	40	40	50	50	60	60	60	60
35	78,5	40	40	50	50	60	60	60	75	75	75
50	116,9	40	50	60	60	75	75	75	75	85	85

70	147,4	50	60	60	75	75	75	85	85	85	85
95	201,1	60	75	75	75	85	85	85	110	110	110
120	254,5	60	75	75	85	85	80	85	110	110	
150	311,0	75	75	85	85	110	110	110			
185	397,6	75	85	110	110	110					

Diâmetro nominal (DN) dos eletrodutos — Equivalência (mm) (polegadas)

(mm)	20	25	32	40	50	60	75	85	110
(polegadas)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4

*Área total do condutor considerando a isolação.

EXEMPLO

Determinar o diâmetro mínimo do eletroduto rígido de PVC, tipo roscável, capaz de conter os condutores de 4 circuitos monofásicos com condutores de 6 mm^2 ($16,6 \text{ mm}^2$), de uma mesma instalação, todos com condutores isolados com PVC/70 °C. O condutor de proteção dos quatro circuitos é de 6 mm^2 .

Da Tabela 3.23, para 9 condutores de 6 mm^2 , escolhemos o eletroduto de 32 mm (1").

Resumo

- Projeto de instalações elétricas
- Símbolos gráficos utilizados
- Cargas dos pontos de utilização
- Tomadas de corrente: prescrições da NBR 5410:2004
- Divisão das instalações em circuitos
- Condutores elétricos utilizados: tabelas
- Quedas de tensão admissíveis: definição e tabelas
- Maneiras de instalar os condutores: prescrições da NBR 5410:2004
- Fator de demanda e fator de diversidade
- Dimensionamento de eletrodutos

Exercícios de Revisão

1. Qual deve ser a seção do condutor neutro, não protegido contra sobrecorrentes, quando os condutores-fase, de cobre, são de 25 mm^2 ?
2. Qual deve ser a queda de tensão máxima para um circuito de iluminação alimentado por fonte própria?
3. Um circuito trifásico a 4 fios tem os seguintes dados:

$$P = 65\,000 \text{ W};$$

$$V = 220 \text{ V entre fases e } 127 \text{ V entre fase-neutro};$$

$$\text{fator de potência} = 85\%.$$

Utilizando condutores isolados com PVC/70, em ambiente a 50 °C , qual a seção escolhida pelo critério da capacidade de corrente e a maneira de instalar nº 1?

4. Se, no exemplo anterior, todas as cargas forem monofásicas, qual será o condutor escolhido, pelo critério da queda de tensão, para 2% e usando a Tabela 3.18? Distância entre o último circuito e o quadro elétrico: 30 m.
5. Qual será a seção do condutor de terra (proteção) para um ramal de entrada com quatro condutores de 70 mm²?
6. Calcular a demanda em watts para o cálculo do ramal de entrada de uma escola, com potência instalada de 56 400 W.
7. Uma instalação elétrica com eletrodutos metálicos tem capacidade para 100 A. Qual deverá ser a seção do condutor terra?
8. Qual será o condutor escolhido nos exercícios 3 e 4, em que foram usados os dois critérios de seleção?
9. Admitindo-se um circuito, com quatro condutores Pirastic Antiflan de 95 mm², qual será o eletroduto adequado?
10. Na entrada de uma instalação, mediu-se a tensão de 110 V e, no último ponto do circuito, 105 V. Qual a queda percentual dessa instalação?
11. Um interruptor comum deve apagar um circuito com 10 lâmpadas fluorescentes de 40 W cada, em 110 V. Usando reatores duplos de alto f.p. que aumentam a carga em 20%, qual será a capacidade do interruptor?