



**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Fax: (021) 240-8249/532-2143
Endereço Telegráfico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1997,
ABNT-Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

NOV 1997

NBR 5410

Instalações elétricas de baixa tensão

Origem: Projeto NBR 5410:1997
CB-03 - Comitê Brasileiro de Eletricidade
CE-03:064.01 - Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Baixa Tensão
NBR 5410 - Electrical installations of buildings - Low voltage
Descriptor: Electrical installation of building
Esta Norma substitui a NBR 5410:1990
Válida a partir de 29.12.1997
Incorporada Errata nº 1 de Março de 1998

Palavra-chave: Instalação elétrica em edificação

128 páginas

Sumário

Prefácio

1 Objetivo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Determinação das características gerais

5 Proteção para garantir segurança

6 Seleção e instalação dos componentes

7 Verificação final

8 Manutenção

9 Requisitos para Instalações ou locais especiais

ANEXOS

A Faixas de tensão

B Método de ensaio para medição da resistência elétrica de pisos e paredes

C Verificação da operação de dispositivos a corrente diferencial-residual (dispositivos DR)

D Medição da resistência de aterramento

E Medição da impedância do percurso da corrente de falta

F Ensaio de tensão aplicada

ÍNDICE

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, de-

las fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para Votação Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados.

Esta Norma foi elaborada pela CE-03:064.01 - Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Baixa Tensão, do CB-03 - Comitê Brasileiro de Eletricidade.

Esta Norma foi baseada nas normas IEC da série IEC 364 - Electrical installations of buildings.

Os anexos A a F têm caráter normativo.

1 Objetivo

1.1 Esta Norma fixa as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas aqui estabelecidas, a fim de garantir seu funcionamento adequado, a segurança de pessoas e animais domésticos e a conservação dos bens.

1.2 Esta Norma aplica-se às instalações elétricas alimentadas sob uma tensão nominal igual ou inferior a 1 000 V em corrente alternada, com frequências inferiores a 400 Hz, ou a 1 500 V em corrente contínua. Sua aplicação é considerada a partir da origem da instalação, observando-se que:

a) a origem de instalações alimentadas diretamente por rede de distribuição pública em baixa tensão corresponde aos terminais de saída do dispositivo

geral de comando e proteção; no caso excepcional em que tal dispositivo se encontre antes do medidor, a origem corresponde aos terminais de saída do medidor;

b) a origem de instalações alimentadas por subestação de transformação corresponde aos terminais de saída do transformador; se a subestação possuir vários transformadores não ligados em paralelo, a cada transformador corresponderá uma origem, havendo tantas instalações quantos forem os transformadores;

c) nas instalações alimentadas por fonte própria de energia em baixa tensão, a origem é considerada de forma a incluir a fonte como parte da instalação.

1.2.1 Esta Norma aplica-se às instalações elétricas de:

- a) edificações residenciais;
- b) edificações comerciais;
- c) estabelecimentos de uso público;
- d) estabelecimentos industriais;
- e) estabelecimentos agropecuários e hortigranjeiros;
- f) edificações pré-fabricadas;
- g) reboques de acampamento (*trailers*), locais de acampamento (*campings*), marinas e instalações análogas;
- h) canteiros de obra, feiras, exposições e outras instalações temporárias.

1.2.2 Esta Norma aplica-se a instalações novas e a reformas em instalações existentes.

NOTA - Modificações destinadas a, por exemplo, acomodar novos equipamentos ou substituir os existentes não implicam necessariamente reforma total da instalação.

1.2.3 Esta Norma aplica-se:

- a) aos circuitos, que não os internos aos equipamentos, funcionando sob uma tensão superior a 1 000 V e alimentados através de uma instalação de tensão igual ou inferior a 1 000 V em corrente alternada, por exemplo circuitos de lâmpadas a descarga, precipitadores eletrostáticos, etc.;
- b) a qualquer fiação e a qualquer linha elétrica que não seja especificamente coberta pelas normas relativas aos equipamentos de utilização;
- c) às linhas elétricas fixas de sinal (com exceção dos circuitos internos dos equipamentos).

NOTAS

1 Por "linhas elétricas de sinal" são entendidos os circuitos de telecomunicação, comunicação de dados, informática, controle, automação, etc.

2 A aplicação às linhas de sinal limita-se à prevenção dos riscos devido às influências mútuas entre essas linhas e as demais linhas elétricas da instalação, sob o ponto de vista da segurança contra choques elétricos, incêndios e efeitos térmicos e sob o ponto de vista da compatibilidade eletromagnética, por exemplo:

- separação das linhas de sinal das outras linhas elétricas;
- aterramento;
- seleção e instalação da fiação e dos componentes fixos.

A aplicação às linhas de sinal deve ser considerada a partir do ponto de terminação de rede (PTR), definido na NBR 13300.

3 A referência à compatibilidade eletromagnética tem por objetivo indicar os cuidados a serem tomados contra interferência mútua entre linhas de sinais e outras instalações, que não as perturbações radioelétricas. A seleção e a instalação dos componentes de circuitos de sinais devem ser consideradas unicamente do ponto de vista de sua segurança e de sua compatibilidade em relação às outras instalações.

1.2.4 Esta Norma não se aplica a:

- a) instalações de tração elétrica;
- b) instalações elétricas de veículos automotores;
- c) instalações elétricas de embarcações e aeronaves;
- d) equipamentos para supressão de perturbações radioelétricas, na medida em que eles não comprometam a segurança das instalações;
- e) instalações de iluminação pública;
- f) redes públicas de distribuição de energia elétrica;
- g) instalações de proteção contra quedas diretas de raios; no entanto, esta Norma considera as consequências dos fenômenos atmosféricos sobre as instalações (por exemplo, escolha de dispositivos de proteção contra sobretensões);
- h) instalações em minas;
- i) instalações de cercas eletrificadas.

1.2.5 Os componentes da instalação são considerados apenas no que concerne à sua seleção e suas condições de instalação. Isto é igualmente válido para conjuntos pré-fabricados de componentes que tenham sido submetidos aos ensaios de tipo aplicáveis.

1.2.6 A aplicação desta Norma não dispensa o respeito aos regulamentos de órgãos públicos aos quais a instalação deva satisfazer.

1.3 Prescrições fundamentais

A seguir são indicadas as prescrições fundamentais destinadas a garantir a segurança de pessoas, de animais domésticos e de bens, contra os perigos e danos que possam resultar da utilização das instalações elétricas, em condições que possam ser previstas.

1.3.1 Proteção contra choques elétricos

1.3.1.1 Proteção contra contatos diretos

As pessoas e os animais devem ser protegidos contra os perigos que possam resultar de um contato com partes vivas da instalação.

1.3.1.2 Proteção contra contatos indiretos

As pessoas e os animais devem ser protegidos contra os perigos que possam resultar de um contato com massas colocadas acidentalmente sob tensão.

1.3.2 Proteção contra efeitos térmicos

A instalação elétrica deve estar disposta de maneira a excluir qualquer risco de incêndio de materiais inflamáveis devido a temperaturas elevadas ou arcos elétricos. Além disso, em serviço normal, as pessoas e os animais domésticos não devem correr riscos de queimaduras.

1.3.3 Proteção contra sobrecorrentes

1.3.3.1 Proteção contra correntes de sobrecarga

Qualquer circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente nesse circuito quando esta, em pelo menos um de seus condutores, ultrapassar o valor da capacidade de condução de corrente e, em caso de passagem prolongada, possa provocar uma deterioração da isolação dos condutores.

1.3.3.2 Proteção contra correntes de curto-circuito

Todo circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente nesse circuito quando pelo menos um de seus condutores for percorrido por uma corrente de curto-circuito, devendo a interrupção ocorrer em um tempo suficientemente curto para evitar a deterioração dos condutores.

1.3.4 Proteção contra sobretensões

As pessoas, os animais domésticos e os bens devem ser protegidos contra as conseqüências prejudiciais devidas a uma falta elétrica entre partes vivas de circuitos com tensões nominais diferentes e a outras causas que possam resultar em sobretensões (fenômenos atmosféricos, sobretensões de manobra, etc.).

1.3.5 Seccionamento e comando

1.3.5.1 Dispositivos de parada de emergência

Se for necessário, em caso de perigo, desenergizar um circuito, deve ser instalado um dispositivo de parada de emergência, facilmente identificável e rapidamente manobrável.

1.3.5.2 Dispositivos de seccionamento

Devem ser previstos dispositivos para permitir o seccionamento da instalação elétrica, dos circuitos ou dos equipamentos individuais, para manutenção, verificação, localização de defeitos e reparos.

1.3.6 Independência da instalação elétrica

A instalação elétrica deve ser disposta de modo a excluir qualquer influência danosa entre a instalação elétrica e as instalações não elétricas da edificação.

1.3.7 Acessibilidade dos componentes

Os componentes da instalação elétrica devem ser dispostos de modo a permitir:

- a) espaço suficiente para a instalação inicial e eventual substituição posterior dos componentes individuais; e
- b) acessibilidade para fins de serviço, verificação, manutenção e reparos.

1.3.8 Condições de alimentação

As características dos componentes devem ser adequadas às condições de alimentação da instalação elétrica na qual sejam utilizados. Em particular, a tensão nominal de um componente deve ser igual ou superior à tensão sob a qual o componente é alimentado.

1.3.9 Condições de instalação

Qualquer componente deve possuir, por construção, características adequadas ao local onde é instalado, que lhe permitam suportar as solicitações a que possa ser submetido. Se, no entanto, um componente não apresentar, por construção, as características adequadas, ele poderá ser utilizado sempre que provido de uma proteção complementar apropriada, quando da execução da instalação.

1.4 O projeto, a execução e a manutenção das instalações elétricas só devem ser confiados a pessoas habilitadas a conceber e executar os trabalhos em conformidade com esta Norma.

2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta, que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

NBR 5361:1983 - Disjuntores de baixa tensão - Especificação

NBR 5413:1992 - Iluminância de interiores - Procedimento

NBR 5419:1993 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Procedimento

NBR 5597:1995 - Eletroduto rígido de aço-carbono, e acessórios, com revestimento protetor, com rosca ANSI/ASME B1.20.1 - Especificação

NBR 5598:1993 - Eletroduto rígido de aço-carbono com revestimento protetor, com rosca NBR 6414 - Especificação

NBR 5624:1993 - Eletroduto rígido de aço-carbono, com costura, com revestimento protetor, e rosca NBR 8133 - Especificação

NBR 6146:1980 - Invólucros de equipamentos elétricos - Proteção - Especificação

NBR 6148:1997 - Condutores isolados com isolação extrudada de cloreto de polivinila (PVC) para tensões até 750 V - Sem cobertura - Especificação

NBR 6150:1980 - Eletroduto de PVC rígido - Especificação

NBR 6151:1980 - Classificação dos equipamentos elétricos e eletrônicos quanto à proteção contra os choques elétricos - Classificação

NBR 6808:1993 - Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão montados em fábrica - "CMF" - Especificação

NBR 6812:1995 - Fios e cabos elétricos - Queima vertical (fogueira) - Método de ensaio

NBR 7094:1996 - Máquinas elétricas girantes - Motores de indução - Especificação

NBR 7285:1987 - Cabos de potência com isolação sólida extrudada de polietileno termofixo para tensões até 0,6/1 kV sem cobertura - Especificação

NBR 9313:1986 - Conectores para cabos de potência isolados para tensões até 35 kV - Condutores de cobre ou alumínio - Especificação

NBR 9326:1986 - Conectores para cabos de potência - Ensaio de ciclos térmicos e curtos-circuitos - Método de ensaio

NBR 9513:1986 - Emendas para cabos de potência isolados para tensões até 750 V - Especificação

NBR 11301:1990 - Cálculo da capacidade de condução da corrente de cabos isolados em regime permanente (fator de carga 100%) - Procedimento

NBR 11840:1991 - Dispositivos fusíveis de baixa tensão - Especificação

NBR 13300:1995 - Redes telefônicas internas em prédios - Terminologia

NBR 13534:1995 - Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde

NBR IEC 50 (826):1997 - Vocabulário eletrotécnico internacional - Capítulo 826 Instalações elétricas em edificações

IEC 38:1983 - IEC standart voltages

IEC 79-0:1983 - Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Part 0: General requirements

IEC 364-5-523:1983 - Electrical installations of buildings - Part 5: Selection and erection of electrical equipment - Chapter 523: Wiring systems - Section 523: Current-carrying capacities

IEC 439-2:1982 - Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part:2 Particular requirements for busbar trunking systems (busways)

IEC 479-1:1994 - Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects

IEC 669-1:1993 - Switches for household and similar fixed electrical installations - Part 1: General requirements

IEC 742:1983 - Isolating transformers and safety isolating transformers - Requirements

IEC 898:1995 - Electrical accessories - Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations

IEC 947-2:1995 - Low-voltage switchgear and controlgear - Circuit-breakers

IEC 1008-1:1996 - Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCB's) - Part 1: General rules

IEC 1009-1:1996 - Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCB's) - Part 1: General rules

NF-C-63-010 - Appareillage à basse tension

3 Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as definições contidas na NBR IEC 50 (826).

4 Determinação das características gerais

4.1 Regra geral

4.1.1 Devem ser determinadas as seguintes características da instalação, em conformidade com o indicado a seguir:

- a) utilização prevista, estrutura geral e a alimentação (ver 4.2);
- b) influências externas às quais está submetida (ver 4.3);
- c) compatibilidade de seus componentes (ver 4.4);
- d) manutenção (ver 4.5).

4.1.2 Essas características devem ser consideradas na escolha das medidas de proteção para garantir a segurança (ver seção 5) e na seleção e instalação dos componentes (ver seção 6).

4.2 Alimentação e estrutura

4.2.1 Potência de alimentação

4.2.1.1 Generalidades

4.2.1.1.1 A determinação da potência de alimentação é essencial para a concepção econômica e segura de uma instalação nos limites adequados de temperatura e de queda de tensão.

4.2.1.1.2 Na determinação da potência de alimentação de uma instalação ou de parte de uma instalação, devem-se prever os equipamentos de utilização a serem instalados, com suas respectivas potências nominais e, após isso, considerar as possibilidades de não simultaneidade de funcionamento destes equipamentos, bem como capacidade de reserva para futuras ampliações.

4.2.1.2 Previsão de carga

A previsão de carga de uma instalação deve ser feita obedecendo-se às prescrições citadas a seguir.

NOTAS

1 Os equipamentos de utilização de uma instalação podem ser alimentados diretamente (caso de equipamentos fixos de uso industrial ou análogo), através de tomadas de corrente de uso específico ou através de tomadas de corrente de uso não específico (tomadas de uso geral).

2 As caixas de derivação utilizadas para a ligação de equipamentos de utilização são consideradas, para os efeitos desta Norma, como tomadas de uso específico.

3 Os flats e as unidades de apart-hotéis e similares devem ser considerados como unidades residenciais.

4.2.1.2.1 Geral

a) a carga a 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;

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

4.2.1.2.2 Iluminação

a) as cargas de iluminação devem ser determinadas como resultado da aplicação da NBR 5413;

b) para os aparelhos fixos de iluminação a descarga, a potência nominal a ser considerada deverá incluir a potência das lâmpadas, as perdas e o fator de potência dos equipamentos auxiliares;

c) em cada cômodo ou dependência de unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares deve ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, com potência mínima de 100 VA, comandado por interruptor de parede;

NOTA - Nas acomodações de hotéis, motéis e similares pode-se substituir o ponto de luz fixo no teto por tomada de corrente, com potência mínima de 100 VA, comandada por interruptor de parede.

d) em unidades residenciais, como alternativa, para a determinação das cargas de iluminação, pode ser adotado o seguinte critério:

- em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m² deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;

- em cômodo ou dependências com área superior a 6 m² deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros.

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

4.2.1.2.3 Tomadas de uso geral

a) nas unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, o número de tomadas de uso geral deve ser fixado de acordo com o seguinte:

- em banheiros, pelo menos uma tomada junto ao lavatório, desde que observadas as restrições de 9.1;

- em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo uma 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 prevista pelo menos uma tomada;

- em halls, corredores, subsolos, garagens, sótãos e varandas, pelo menos uma tomada;

NOTA - No caso de varandas, quando não for possível a instalação da tomada no próprio local, esta deverá ser instalada próxima ao seu acesso.

- nos demais cômodos e dependências, se a área for igual ou inferior a 6 m², pelo menos uma tomada; se a área for superior a 6 m², pelo menos uma tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível;

b) nas unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, às tomadas 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 tomada, até três tomadas, e 100 VA, por tomada, para as excedentes, considerando cada um desses ambientes separadamente;

- nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por tomada.

c) em halls de escadaria, salas de manutenção e salas de localização de equipamentos, tais como, casas

de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos deve ser prevista no mínimo uma tomada;

d) aos circuitos terminais que sirvam às tomadas de uso geral nos locais indicados na alínea c) deve ser atribuída uma potência de no mínimo 1 000 VA.

4.2.1.2.4 Tomadas de uso específico

a) às tomadas de uso específico deve ser atribuída uma potência igual à potência nominal do equipamento a ser alimentado;

b) quando não for conhecida a potência nominal do equipamento a ser alimentado, deve-se atribuir à tomada de corrente uma potência igual à potência nominal do equipamento mais potente com possibilidade de ser ligado, ou a potência determinada a partir da corrente nominal da tomada e da tensão do respectivo circuito;

c) as tomadas de uso específico devem ser instaladas, no máximo, a 1,5 m do local previsto para o equipamento a ser alimentado.

4.2.2 Tipos de sistemas de distribuição

Os sistemas de distribuição são determinados em função do:

- esquema de condutores vivos;
- esquema de aterramento.

4.2.2.1 Esquemas de condutores vivos

Nesta Norma são considerados os seguintes esquemas de condutores vivos:

- corrente alternada:
 - monofásico a 2 condutores;
 - monofásico a 3 condutores;
 - bifásico a 3 condutores;
 - trifásico a 3 condutores;
 - trifásico a 4 condutores;
- corrente contínua:
 - 2 condutores;
 - 3 condutores;

4.2.2.2 Esquemas de aterramento

Nesta Norma são considerados os esquemas de aterramento descritos a seguir, com as seguintes observações:

- as figuras 1 a 5 mostram exemplos de sistemas trifásicos comumente utilizados;
- para classificação dos esquemas de aterramento é utilizada a seguinte simbologia:
 - primeira letra - Situação da alimentação em relação à terra:
 - T = um ponto diretamente aterrado;
 - I = isolamento de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento de um ponto através de uma impedância;

- segunda letra - Situação das massas da instalação elétrica em relação à terra:

- T = massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto de alimentação;

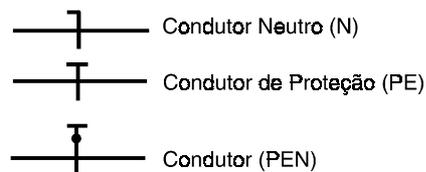
- N = massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto aterrado é normalmente o ponto neutro);

- outras letras (eventuais) - Disposição do condutor neutro e do condutor de proteção:

- S = funções de neutro e de proteção asseguradas por condutores distintos;

- C = funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor (condutor PEN).

NOTAS - Nas figuras 1 a 5 são utilizados os seguintes símbolos:



4.2.2.2.1 Esquema TN

Os esquemas TN possuem um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a este ponto através de condutores de proteção. Nesse esquema, toda corrente de falta direta fase-massa é uma corrente de curto-circuito. São considerados três tipos de esquemas TN, de acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção, a saber:

- esquema TN-S, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são distintos;
- esquema TN-C-S, no qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor em uma parte da instalação;
- esquema TN-C, no qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor ao longo de toda a instalação.

4.2.2.2.2 Esquema TT

O esquema TT possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodos de aterramento eletricamente distintos do eletrodo de aterramento da alimentação.

Nesse esquema, as correntes de falta direta fase-massa devem ser inferiores a uma corrente de curto-circuito, sendo porém suficientes para provocar o surgimento de tensões de contato perigosas.

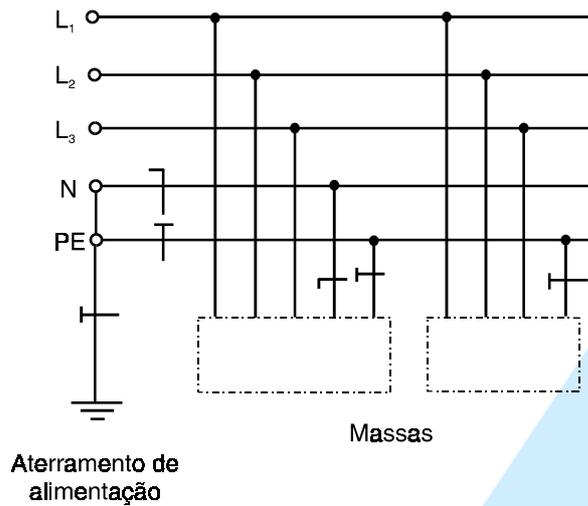


Figura 1 - Esquema TN-S (O condutor neutro e o condutor de proteção são separados ao longo de toda a instalação)

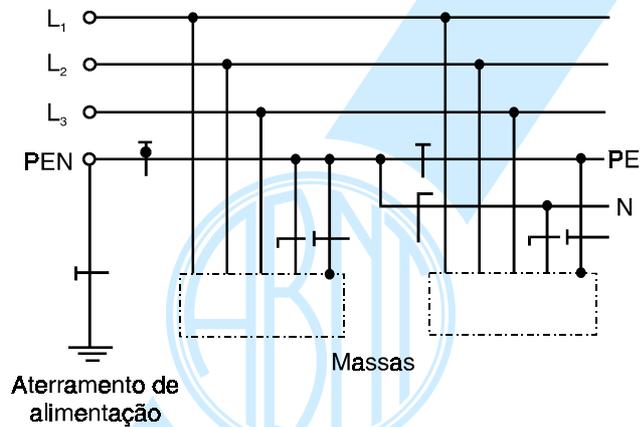


Figura 2 - Esquema TN-C-S (As funções de neutro e de condutor de proteção são combinadas em um único condutor em uma parte da instalação)

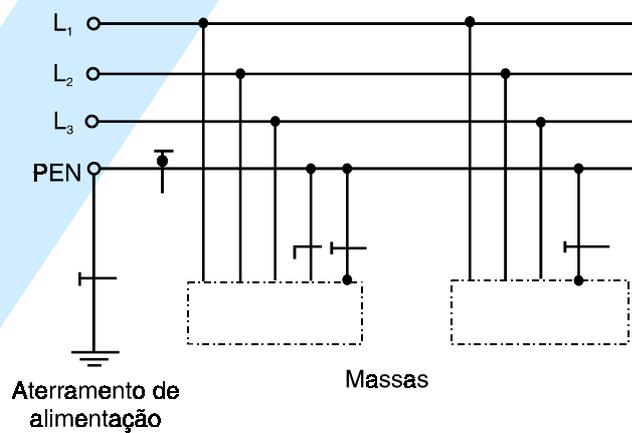


Figura 3 - Esquema TN-C (As funções de neutro e de condutor de proteção são combinadas em um único condutor ao longo de toda a instalação)

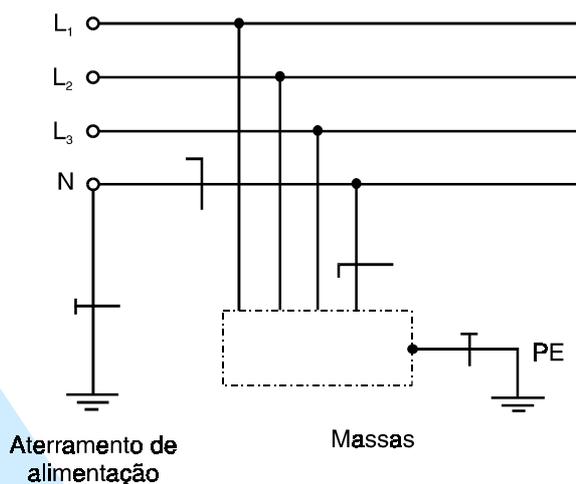


Figura 4 - Esquema TT

4.2.2.2.3 Esquema IT

4.2.2.2.3.1 O esquema IT não possui qualquer ponto da alimentação diretamente aterrado, estando aterradas as massas da instalação. Nesse esquema, a corrente resultante de uma única falta fase-massa não deve ter intensidade suficiente para provocar o surgimento de tensões de contato perigosas.

4.2.2.2.3.2 A utilização do esquema IT deve ser restrita a casos específicos, como os relacionados a seguir:

a) instalações industriais de processo contínuo, com tensão de alimentação igual ou superior a 380 V, desde que verificadas as seguintes condições:

- a continuidade de operação é essencial;
- a manutenção e a supervisão estão a cargo de pessoal habilitado (BA4 e BA5, conforme 4.3.2.1);
- existe detecção permanente de falta à terra;
- o neutro não é distribuído;

b) instalações alimentadas por transformador de separação com tensão primária inferior a 1 000 V, desde que verificadas as seguintes condições:

- a instalação é utilizada apenas para circuitos de comando;
- a continuidade da alimentação de comando é essencial;
- a manutenção e a supervisão estão a cargo de pessoal habilitado (BA4 e BA5, conforme 4.3.2.1);
- existe detecção permanente de falta à terra;

c) circuitos com alimentação separada, de reduzida extensão, em instalações hospitalares, onde a continuidade de alimentação e a segurança dos pacientes são essenciais (conforme a NBR 13534);

d) instalações exclusivamente para alimentação de fornos industriais;

e) instalações para retificação destinada exclusivamente a acionamentos de velocidade controlada.

4.2.2.2.4 Aterramento de neutro

Quando a instalação for alimentada em baixa tensão pela concessionária, o condutor neutro deve ser sempre aterrado na origem da instalação.

NOTAS

1 O aterramento do neutro provido pelos consumidores alimentados em baixa tensão é essencial para que seja atingido o grau de efetividade mínimo requerido para o aterramento do condutor neutro da rede pública, conforme critério de projeto atualmente padronizado pelas concessionárias de energia elétrica.

2 Do ponto de vista da instalação, o aterramento do neutro na origem proporciona uma melhoria na equalização de potenciais essencial à segurança.

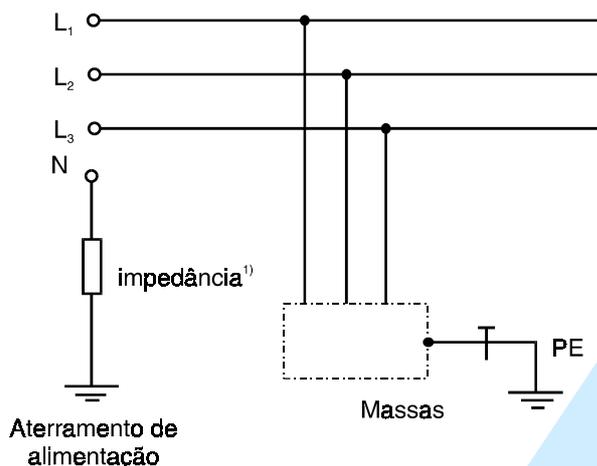
4.2.3 Alimentação

4.2.3.1 Generalidades

4.2.3.1.1 Devem ser determinadas as seguintes características da alimentação, tendo em vista o fornecimento da potência estimada de acordo com 4.2.1:

- a) natureza da corrente;
- b) valor da tensão;
- c) valor da frequência;
- d) valor da corrente de curto-circuito presumida na origem da instalação.

NOTA - As faixas de tensão em corrente alternada ou contínua em que devem ser classificadas as instalações, conforme a tensão nominal, são dadas no anexo A.



¹⁾ O neutro pode ser isolado do terra.

Figura 5 - Esquema IT

4.2.3.1.2 Essas características devem ser obtidas do concessionário de energia elétrica, no caso de fonte externa, e devem ser determinadas, no caso de fonte própria. São aplicáveis tanto para a alimentação normal como para alimentações de segurança e de reserva.

4.2.3.2 Sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança e sistemas de alimentação de reserva

Quando for imposta a necessidade de instalações de segurança por autoridades responsáveis pela proteção contra incêndio ou devido a prescrições relativas à fuga dos locais em caso de emergência, ou ainda quando forem especificadas pelo projetista alimentações de reserva, as características das alimentações para instalações de segurança ou de reserva devem ser determinadas separadamente. Essas alimentações devem possuir capacidade, confiabilidade e disponibilidade adequadas ao funcionamento especificado. Em 4.6 e 6.6 são apresentadas prescrições suplementares para as instalações de segurança. Esta Norma não contém prescrições particulares para alimentações de reserva.

4.2.4 Divisão das instalações

4.2.4.1 Qualquer instalação deve ser dividida, de acordo com as necessidades, em vários circuitos, devendo cada circuito ser concebido de forma a poder ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida, através de outro circuito.

4.2.4.2 Qualquer instalação deve ser dividida em tantos circuitos quantos forem necessários, de forma a proporcionar facilidade de inspeção, ensaios e manutenção, bem como evitar que, por ocasião de um defeito em um circuito, toda uma área fique desprovida de alimentação (por exemplo, circuitos de iluminação).

4.2.4.3 Circuitos de distribuição distintos devem ser previstos para partes das instalações que necessitem de controle específico, de tal forma que estes circuitos não sejam afetados pelas falhas de outros (por exemplo: minuterias, circuitos de supervisão predial, etc.).

4.2.4.4 Em função da ocupação do local e da distribuição de circuitos efetuada, deve-se prever a possibilidade de ampliações futuras, com a utilização de circuitos terminais

futuros. Tal necessidade, conforme mencionado em 4.2.1.1.2, deverá se refletir, ainda, na taxa de ocupação dos condutos elétricos e quadros de distribuição.

4.2.4.5 Os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam. Em particular, devem ser previstos circuitos terminais distintos para iluminação e tomadas de corrente.

4.2.4.6 Em unidades residenciais e acomodações (quartos ou apartamentos) de hotéis, motéis e similares, devem ser previstos circuitos independentes para cada equipamento com corrente nominal superior a 10 A.

4.2.4.7 Nas instalações alimentadas com duas ou três fases, as cargas devem ser distribuídas entre as fases, de modo a obter-se o maior equilíbrio possível.

4.2.4.8 Quando houver alimentação a partir de vários sistemas (subestação, gerador, etc.), o conjunto de circuitos alimentados por cada sistema constitui uma instalação. Cada uma delas deve ser claramente diferenciada das outras, observando-se que:

- a) um quadro de distribuição só deve possuir componentes pertencentes a uma única instalação, com exceção de circuitos de sinalização e comando e de conjuntos de manobra especialmente projetados para efetuar o intercâmbio das fontes de alimentação;
- b) os condutos fechados só devem conter condutores de uma única instalação;
- c) nos condutos abertos, bem como nas linhas constituídas por cabos fixados diretamente em paredes ou tetos, podem ser instalados condutores de instalações diferentes, desde que adequadamente identificados.

4.3 Classificação das influências externas

Esta subseção estabelece uma classificação e uma codificação das influências externas que devem ser consideradas na concepção e na execução das instalações elétricas. Cada condição de influência externa é designada

por um código que compreende sempre um grupo de duas letras maiúsculas e um número, como descrito a seguir:

a) a primeira letra indica a categoria geral da influência externa:

A = meio ambiente;

B = utilização;

C = construção das edificações;

b) a segunda letra (A, B, C, ...) indica a natureza da influência externa;

c) o número (1, 2, 3, ...) indica a classe de cada influência externa.

NOTA - A codificação indicada nesta subseção não é destinada à marcação dos componentes.

4.3.1 Meios ambientes

4.3.1.1 Temperatura ambiente

A temperatura ambiente (ver tabela 1) a considerar para um componente é a temperatura no local onde deve ser instalado, considerada a influência de todos os demais componentes instalados no local e em funcionamento, não levando em consideração a contribuição térmica do componente considerado.

4.3.1.2 Altitude

Conforme a tabela 2.

4.3.1.3 Presença de água

Conforme a tabela 3.

4.3.1.4 Presença de corpos sólidos

Conforme a tabela 4.

4.3.1.5 Presença de substâncias corrosivas ou poluentes

Conforme a tabela 5.

4.3.1.6 Solicitações mecânicas

Conforme as tabelas 6-(a) e 6-(b).

4.3.1.7 Presença de flora e mofo

Conforme a tabela 7.

4.3.1.8 Presença de fauna

Conforme a tabela 8.

4.3.1.9 Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes

Conforme a tabela 9.

4.3.1.10 Radiações solares

Conforme a tabela 10.

4.3.1.11 Raios

Conforme a tabela 11.

Tabela 1 - Temperatura ambiente

Código	Classificação	Características		Aplicações e exemplos
		Limite inferior (°C)	Limite superior (°C)	
AA1	Frigorífico	-60	+5	Câmaras frigoríficas
AA2	Muito frio	-40	+5	
AA3	Frio	-25	+5	
AA4	Temperado	-5	+40	Interior de edificações (caso geral)
AA5	Quente	+5	+40	
AA6	Muito quente	+5	+60	

NOTAS

1 O valor médio por um período de 24 h não deve ser superior ao limite superior diminuído de 5°C.

2 Para certos ambientes pode ser necessário combinar duas regiões entre as definidas acima. Assim, por exemplo, as instalações situadas no exterior podem ser submetidas a temperaturas ambientes compreendidas entre -5°C e +50°C, isto é, AA4 + AA6.

3 As instalações submetidas a temperaturas diferentes das indicadas devem ser objeto de normas particulares.

Tabela 2 - Altitude

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AC1	Baixa	≤ 2 000 m	Para alguns materiais, medidas especiais podem ser necessárias a partir de 1 000 m de altitude
AC2	Alta	> 2 000 m	

Tabela 3 - Presença de água

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AD1	Desprezível	A probabilidade de presença de água é desprezível	Locais em que as paredes não apresentam geralmente traços de umidade, mas que podem apresentá-los durante períodos curtos, por exemplo sob forma de lixívia, e que secam rapidamente graças a uma boa aeração
AD2	Quedas de gotas de água	Possibilidade de quedas verticais de água	Locais em que a umidade se condensa ocasionalmente, sob forma de gotas de água, ou em que há a presença ocasional de vapor de água
AD3	Aspersão de água	Possibilidade de chuva caindo em uma direção em ângulo máximo de 60°C com a vertical	Locais em que a água, ao respingar, forma uma película nas paredes ou solos
AD4	Projeções de água	Possibilidade de projeções de água em qualquer direção	Locais em que, além de haver água nas paredes, os componentes da instalação elétrica também são submetidos a projeções de água; por exemplo, certos aparelhos de iluminação, painéis de canteiros de obra, etc.
AD5	Jatos de água	Possibilidade de jatos de água sob pressão em qualquer direção	Locais que são freqüentemente lavados com ajuda de mangueiras, tais como passeios públicos, áreas de lavagem de carros, etc.
AD6	Ondas	Possibilidade de ondas de água	Locais situados à beira mar, tais como <i>piers</i> , praias, ancoradouros, etc.
AD7	Imersão	Possibilidade de recobrimento intermitente, parcial ou total, por água	Locais susceptíveis de serem inundados e/ou onde a água possa se elevar no mínimo a 15 cm acima do ponto mais elevado do equipamento, estando a parte mais baixa do equipamento a no máximo 1 m abaixo da superfície da água
AD8	Submersão	Possibilidade de total recobrimento por água de modo permanente	Locais onde os componentes da instalação elétrica sejam totalmente cobertos de água, de maneira permanente, sob uma pressão superior a 10 kPa (0,1 bar, 1 m de água)

Tabela 4 - Presença de corpos sólidos

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AE1	Desprezível	Não existe nenhuma quantidade apreciável de poeira ou de corpos estranhos	Instalações residenciais ou instalações onde não são manipulados objetos pequenos
AE2	Objetos pequenos	Presença de corpos sólidos cuja menor dimensão é igual ou superior a 2,5 mm	Ferramentas e pequenos objetos são exemplos de corpos sólidos cuja menor dimensão é igual ou superior a 2,5 mm
AE3	Objetos muito pequenos	Presença de corpos sólidos cuja menor dimensão é igual ou superior a 1 mm NOTA: Nas condições AE2 e AE3 pode existir poeira, desde que esta não tenha influência sobre os materiais elétricos	Fios são exemplos de corpos sólidos cuja menor dimensão é igual ou superior a 1 mm
AE4	Poeira	Presença de poeira em quantidade apreciável	Locais empoeirados. Quando as poeiras forem inflamáveis, condutoras, corrosivas ou abrasivas, devem-se considerar simultaneamente outras classes de influências externas, se necessário

Tabela 5 - Presença de substâncias corrosivas ou poluentes

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AF1	Desprezível	A quantidade ou natureza dos agentes corrosivos ou poluentes não é significativa	—
AF2	Atmosférica	Presença significativa de agentes corrosivos ou poluentes de origem atmosférica	Instalações localizadas na vizinhança da orla marítima e instalações situadas nas proximidades de estabelecimentos industriais que produzam poluição atmosférica significativa, tais como indústrias químicas, fábricas de cimento, etc.; estes tipos de poluição provêm principalmente da produção de poeiras abrasivas, isolantes ou condutoras
AF3	Intermitente	Ações intermitentes ou acidentais de produtos químicos corrosivos ou poluentes de uso corrente	Locais onde se manipulam produtos químicos em pequenas quantidades e onde estes produtos só podem vir a ter contatos acidentais com os materiais elétricos; tais condições encontram-se nos laboratórios de fábricas, laboratórios de estabelecimentos de ensino ou nos locais onde se utilizam hidrocarbonetos (centrais de aquecimento, garagens, etc.)
AF4	Permanente	Uma ação permanente de produtos químicos corrosivos ou poluentes em quantidades significativas	Indústria química, por exemplo

Tabela 6-(a) - Choques mecânicos

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AG1	Fracos	Meios que podem produzir choques de energia igual ou inferior a 0,25 J	Condições domésticas e análogas
AG2	Médios	Meios que podem produzir choques de energia igual ou inferior a 2 J	Condições industriais habituais
AG3	Significativos	Meios que podem produzir choques de energia igual ou inferior a 20 J	Condições industriais severas
AG4	Muito significativas	Meios que podem produzir choques de energia superior a 20 J	Condições industriais severas

Tabela 6-(b) - Vibrações

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AH1	Fracas	Vibrações desprezíveis	Instalações de uso doméstico e análogas, onde seus efeitos podem ser desprezados na maioria dos casos
AH2	Médias	Vibrações de frequências compreendidas entre 10 Hz e 50 Hz e de amplitude igual ou inferior a 0,15 mm	Condições industriais habituais
AH3	Significativas	Vibrações de frequências compreendidas entre 10 Hz e 150 Hz e de amplitude igual ou inferior a 0,35 mm	Condições severas

Tabela 7 - Presença de flora e mofo

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AK1	Desprezível	Ausência de riscos de danos devidos à flora ou ao mofo	–
AK2	Riscos	Riscos de danos devidos à flora ou ao mofo	Os riscos dependem das condições locais e da natureza da flora. Pode-se separá-los em riscos devidos ao desenvolvimentos prejudicial da vegetação e riscos devidos à sua abundância

Tabela 8 - Presença de fauna

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AL1	Desprezível	Ausência de riscos de danos devidos à fauna	–
AL2	Riscos	Riscos de danos devidos à fauna (insetos e pequenos animais)	Os riscos dependem da natureza da fauna. Pode-se separá-los em: perigos devidos a insetos em quantidades prejudiciais ou de natureza agressiva; presença de pequenos animais ou de pássaros em quantidades prejudiciais ou de natureza agressiva

Tabela 9 - Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AM1	Desprezível	Ausência de efeitos prejudiciais devidos a correntes parasitas, radiações eletromagnéticas, radiações ionizantes ou correntes induzidas	–
AM2	Correntes parasitas	Presença prejudicial de correntes parasitas	Estas influências encontram-se principalmente nas proximidades de subestações, de emissoras de correntes a alta frequência, de aparelhos que contenham substâncias radioativas, de linhas de alta tensão, de linhas de tração elétrica, etc.
AM3	Eletromagnéticas	Presença prejudicial de radiações eletromagnéticas	
AM4	Ionizantes	Presença prejudicial de radiações ionizantes	–
AM5	Eletrostáticas	Presença prejudicial de influências eletrostáticas	–
AM6	Indução	Presença prejudicial de correntes induzidas	–

Tabela 10 - Radiações solares

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AN1	Desprezível	–	–
AN2	Significativas	Radiações solares de intensidade e/ou duração prejudicial	Os efeitos da radiação podem causar um aumento da temperatura e modificações de estrutura de alguns materiais

Tabela 11 - Raios

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AQ1	Desprezível	–	–
AQ2	Indiretos	Riscos provenientes da rede de alimentação	Instalações alimentadas por linhas aéreas
AQ3	Diretos	Riscos provenientes da exposição dos equipamentos	Partes da instalação situadas no exterior das edificações

4.3.2 Utilizações**4.3.2.1 Competência das pessoas**

Conforme a tabela 12.

4.3.2.2 Resistência elétrica do corpo humano

Conforme a tabela 13.

4.3.2.3 Contatos das pessoas com o potencial local

Conforme a tabela 14.

4.3.2.4 Condições de fuga das pessoas em emergências

Conforme a tabela 15.

4.3.2.5 Natureza das matérias processadas ou armazenadas

Conforme a tabela 16.

4.3.3 Construção das edificações**4.3.3.1 Materiais de construção**

Conforme a tabela 17.

4.3.3.2 Estrutura das edificações

Conforme a tabela 18.

Tabela 12 - Competência das pessoas

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BA1	Comuns	Pessoas inadvertidas	–
BA2	Crianças	Crianças que se encontram nos locais que lhes são destinados	Crianças de pouca idade em coletividade, por exemplo em creches
BA3	Incapacitados	Pessoas que não dispõem de completa capacidade física ou intelectual (velhos, doentes)	Asilos, hospícios, hospitais
BA4	Advertidas	Pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas de modo a lhes permitir evitar os perigos que a eletricidade pode apresentar (pessoal de manutenção e/ou operação)	Locais de serviço elétrico
BA5	Qualificadas	Pessoas que têm conhecimentos técnicos ou experiência suficiente para lhes permitir evitar os perigos que a eletricidade pode apresentar (engenheiros e técnicos)	Locais de serviço elétrico fechados

Tabela 13 - Resistência elétrica do corpo humano

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BB1	Elevada	Condições secas	Circunstâncias nas quais a pele está seca (nenhuma umidade, inclusive suor)
BB2	Normal	Condições úmidas	Passagem da corrente elétrica de uma mão à outra ou de uma mão a um pé, com a pele úmida (suor) e a superfície de contato sendo significativa (por exemplo, um elemento está seguro dentro da mão)
BB3	Fraca	Condições molhadas	Passagem da corrente elétrica entre as duas mãos e os dois pés, estando as pessoas com os pés molhados ao ponto de se poder desprezar a resistência da pele e dos pés
BB4	Muito fraca	Condições imersas	Pessoas imersas na água, por exemplo em banheiras e piscinas

Tabela 14 - Contatos das pessoas com o potencial local

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BC1	Nulos	Pessoas que se encontram em locais não condutores	Locais não condutores, isto é, cujos piso e paredes são isolantes, e que não possuem nenhum elemento condutor
BC2	Fracos	Pessoas que não corram riscos de entrar em contato, sob condições habituais, com elementos condutores ou que não estejam sobre superfícies condutoras	Locais não condutores, isto é, cujos piso e paredes são isolantes, e que possuem elementos condutores em pequena quantidade ou de pequenas dimensões, cuja probabilidade de contato possa ser desprezada. Isto ocorre, por exemplo, com as salas e quartos de residências
BC3	Freqüentes	Pessoas em contato com elementos condutores ou se postando sobre superfícies condutoras	Locais cujos piso e paredes não são isolantes e/ou possuem grandes ou inúmeros elementos condutores
BC4	Contínuos	Pessoas em contato permanente com paredes metálicas e cujas possibilidades de interromper os contatos são limitadas	Locais como caldeiras ou recipientes metálicos, cujas dimensões sejam tais que as pessoas que as penetrem estejam continuamente em contato com as paredes. A redução de liberdade de movimentos das pessoas pode, por um lado, impedir as pessoas de romper voluntariamente o contato e, por outro lado, aumentar os riscos de contato involuntário

Tabela 15 - Condições de fuga das pessoas em emergências

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BD1	Normal	Baixa densidade de ocupação, condições de fuga fáceis	Áreas comuns e de circulação em edificações exclusivamente residenciais de até 15 pavimentos e edificações de outros tipos de até 6 pavimentos
BD2	Longa	Baixa densidade de ocupação, condições de fuga difíceis	Áreas comuns e de circulação em edificações exclusivamente residenciais com mais de 15 pavimentos e edificações de outros tipos com mais de 6 pavimentos
BD3	Incômoda	Alta densidade de ocupação, condições de fuga fáceis	Áreas comuns e de circulação em estabelecimentos de atendimento ao público (teatros, cinemas, <i>shopping-centers</i>)
BD4	Longa e incômoda	Alta densidade de ocupação, condições de fuga difíceis	Áreas comuns e de circulação em edificações de atendimento ao público de grande altura ou em hotéis, hospitais, etc.

Tabela 16 - Natureza das matérias processadas ou armazenadas

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BE1	Riscos desprezíveis	—	—
BE2	Riscos de incêndio	Presença, processamento, fabricação ou armazenamento de matérias inflamáveis, inclusive a presença de pós	Locais que processem ou armazenem: papel a granel, feno, palha, farinha, açúcar, aparas, lascas ou gravetos de madeira, fibras de algodão ou lã, hidrocarbonetos, matérias plásticas, etc.
BE3	Riscos de explosão	Presença, tratamento ou armazenamento de matérias explosivas ou que tenham ponto de fulgor baixo, inclusive a presença de pós explosivos	Refinarias e locais de armazenamento de hidrocarbonetos
BE4	Riscos de contaminação	Presença de alimentos, produtos farmacêuticos e produtos análogos sem proteção	Indústrias alimentícias, grandes cozinhas. Certas precauções podem ser necessárias para evitar que, em caso de defeito, os produtos tratados sejam contaminados pelos materiais elétricos, por exemplo, estilhaços de lâmpadas

Tabela 17 - Materiais de construção

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
CA1	Não combustíveis	—	—
CA2	Combustíveis	Edificações construídas principalmente com materiais combustíveis	Edificações construídas principalmente com madeira ou com outros materiais combustíveis

Tabela 18 - Estrutura das edificações

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
CB1	Riscos desprezíveis	—	—
CB2	Propagação de incêndio	Edificações cuja forma e dimensões facilitam a propagação de incêndio (por exemplo, efeito de chaminé)	Edificações de grande altura (ver BD2 - tabela 15) ou edificações com sistemas de ventilação forçada
CB3	Movimentos	Riscos devidos a movimentos de estrutura (por exemplo, deslocamentos entre partes deferentes de um prédio ou entre um prédio e o solo), assentamento dos terrenos ou das fundações das edificações	Edificações de grande comprimento ou construídos sobre terrenos não estabilizados
CB4	Flexíveis ou instáveis	Construções frágeis ou que possam ser submetidas a movimentos (tais como oscilações)	Instalações sob toldos, fixadas a divisórias ou paredes desmontáveis, ou em coberturas inflamáveis

4.4 Compatibilidade

Devem ser tomadas medidas apropriadas quando as características de componentes da instalação puderem ser susceptíveis de produzir efeitos prejudiciais em outros componentes ou a outros serviços, ou puderem prejudicar o funcionamento normal da fonte de alimentação. Essas características referem-se principalmente a:

- a) sobretensões transitórias;
- b) variações rápidas de potência;
- c) correntes de partida;
- d) correntes harmônicas;
- e) componentes contínuas;
- f) oscilações de alta frequência;
- g) correntes de fuga;
- h) necessidade de aterramentos complementares;
- i) possibilidade de fornecimento de corrente à rede de alimentação.

4.5 Manutenção

Devem-se estimar a frequência e a qualidade de manutenção da instalação, tendo em conta a durabilidade prevista. Essas características devem ser consideradas ao aplicar-se as prescrições das seções 5, 6, 7 e 8 desta Norma, de forma que:

- a) toda verificação periódica, ensaio, manutenção e reparo necessários possam ser realizados de maneira fácil e segura;
- b) a eficácia das medidas de proteção para segurança esteja garantida;
- c) a confiabilidade dos componentes, que permitem o funcionamento da instalação, seja apropriada à durabilidade prevista.

4.6 Sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança

4.6.1 Generalidades

4.6.1.1 A necessidade de sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança e sua natureza devem ser definidas pelas autoridades competentes locais, cujas prescrições devem ser observadas.

4.6.1.2 Podem ser utilizadas as seguintes fontes para sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança:

- a) baterias;
- b) geradores independentes da alimentação normal;
- c) ramais separados da rede de distribuição, efetivamente independentes da alimentação normal (ver 6.6.2.4).

4.6.2 Classificação

4.6.2.1 Um sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança pode ser:

- a) não automático, quando sua ligação é realizada por um operador;
- b) automático, quando sua ligação não depende da intervenção de um operador.

4.6.2.2 Um sistema automático é classificado como segue, em função da duração da comutação:

- a) sem corte: alimentação automática que pode ser garantida de modo contínuo nas condições especificadas durante o período de transição, por exemplo no que concerne às variações de tensão e de frequência;
- b) com corte muito breve: alimentação automática disponível em até 0,15 s;
- c) com corte breve: alimentação automática disponível em até 0,5 s;
- d) com corte médio: alimentação automática disponível em até 15 s;
- e) com corte longo: alimentação automática disponível em mais de 15 s.

4.7 Instalações temporárias

4.7.1 Condições gerais

4.7.1.1 As instalações de reparos, de trabalhos e semipermanentes podem não atender a algumas prescrições desta Norma, como vai indicado em 4.7.2, 4.7.3 e 4.7.4. No entanto, essas exceções não se aplicam a instalações que apresentem riscos de incêndio (BE2 - tabela 16) ou riscos de explosão (BE3 - tabela 16).

4.7.1.2 No que diz respeito às prescrições da seção 5, apenas às instalações de reparos é permitido não atendê-las, nas condições indicadas em 4.7.2. Qualquer instalação de reparos, de trabalhos ou semipermanente deve ser protegida em sua origem contra sobrecorrentes, de acordo com as prescrições dadas em 5.3.

4.7.1.3 As instalações temporárias não devem impedir nem dificultar a circulação de pessoas.

4.7.1.4 No caso de utilização de extensões, todas as precauções devem ser tomadas a fim de evitar que tomadas e plugues possam ser separados inadvertidamente.

4.7.2 Instalações de reparos

As instalações de reparos podem não atender às prescrições desta Norma, desde que sua existência seja transitória e que, se certas prescrições não forem atendidas, possam ser adotadas medidas compensadoras ou possam ser tomadas precauções apropriadas.

4.7.3 Instalações de trabalhos

As instalações de trabalhos podem não atender às seguintes prescrições:

- a) fixação dos dispositivos de comando e proteção (6.3.2);
- b) limites de queda de tensão (6.2.7);
- c) vizinhança de linhas elétricas e de outras linhas (6.2.9.4);
- d) condições de instalação de linhas (6.2.11).

4.7.4 Instalações semipermanentes

4.7.4.1 As instalações semipermanentes podem não atender às prescrições indicadas em 4.7.3.

4.7.4.2 Se as instalações semipermanentes forem renovadas periodicamente, elas devem ser integralmente desmontadas entre cada período de utilização. Por outro lado, os dispositivos de proteção e de comando dessas instalações devem ser colocados em quadros fixos.

5 Proteção para garantir segurança

As medidas de proteção podem ser aplicadas a uma instalação completa, a uma parte de uma instalação ou a um componente. Se determinadas condições de uma medida de proteção não forem respeitadas, devem ser tomadas medidas complementares a fim de garantir, com as medidas de proteção combinadas, o mesmo nível de segurança da medida completa.

A ordem em que as medidas de proteção são descritas não implica qualquer noção de importância relativa.

5.1 Proteção contra choques elétricos

A proteção contra choques elétricos deve ser prevista pela aplicação das medidas especificadas em:

- a) 5.1.1 para a proteção contra contatos diretos e contra contatos indiretos, ou
- b) 5.1.2 para a proteção contra contatos diretos e 5.1.3 para a proteção contra contatos indiretos.

NOTA - Na aplicação destas medidas, ver 5.7.2 e 5.8.

5.1.1 Proteção contra contatos diretos e indiretos

NOTAS

1 A sigla SELV foi introduzida ao invés de "Proteção por extra-baixa tensão de segurança" (do inglês, *Safety Extra-Low Voltage*). A versão por extenso deste termo não é utilizada.

2 A sigla PELV (do inglês, *Protective Extra-Low Voltage*) foi escolhida para a variante aterrada do SELV (incluída na edição anterior em "Extra-baixa tensão funcional"). Aqui também não é utilizado o termo por extenso.

3 Por analogia com essas notações, "Extra-baixa tensão funcional" foi abreviada para FELV (do inglês, *Functional Extra-Low Voltage*).

5.1.1.1 Proteção por sistema: SELV e PELV

5.1.1.1.1 A proteção contra choques elétricos é considerada como assegurada, tanto contra contatos diretos quanto contra contatos indiretos, quando:

- a) a tensão nominal não puder ser superior aos limites da faixa I (ver anexo A);
- b) a fonte de alimentação for uma fonte de segurança conforme 5.1.1.1.2; e
- c) forem atendidas todas as condições de 5.1.1.1.3 e, adicionalmente,
 - de 5.1.1.1.4 para circuitos não aterrados (SELV), ou
 - de 5.1.1.1.5 para circuitos aterrados (PELV).

NOTAS

1 Quando o circuito for alimentado a partir de um circuito de tensão mais elevada por intermédio de outros equipamentos, tais como autotransformadores, potenciômetros, dispositivos a semicondutores, etc., o secundário assim formado é considerado como fazendo parte do circuito primário e deve ser incluído na medida de proteção do circuito primário.

2 Limites mais rígidos podem ser especificados para certas condições de influências externas (ver 5.8).

5.1.1.1.2 Fontes para SELV e PELV

5.1.1.1.2.1 São admitidas como fontes para SELV e PELV:

- a) transformador de segurança conforme a IEC 742;
- b) fonte de corrente que garanta um grau de segurança equivalente ao do transformador de segurança especificado em a) (por exemplo, um grupo motor-generador com enrolamentos apresentando uma separação equivalente);
- c) fonte eletroquímica (pilhas ou acumuladores) ou outra fonte que não dependa de circuitos de tensão mais elevada (por exemplo, grupo motor térmico-generador);
- d) certos dispositivos eletrônicos, conforme as normas aplicáveis, nos quais tenham sido tomadas medidas para assegurar que, mesmo em caso de falta interna, a tensão nos terminais de saída não possa ser superior aos limites indicados em 5.1.1.1.1. Valores mais elevados podem ser admitidos se, em caso de contato direto ou indireto, a tensão nos terminais de saída for imediatamente reduzida a um valor igual ou inferior a esses limites.

NOTAS

1 Equipamentos para ensaios de isolamento constituem um exemplo de tais dispositivos.

2 Mesmo que a tensão medida inicialmente nos terminais de saída seja mais elevada, a prescrição contida em d) pode ser considerada atendida se, após medida com um voltímetro apresentando uma resistência interna de $3\ 000\ \Omega$, a tensão nos terminais de saída se situar então dentro dos limites especificados em 5.1.1.1.1.

5.1.1.1.2.2 As fontes móveis, tais como transformadores de segurança ou grupos motor-geradores, devem ser escolhidas ou instaladas de acordo com as prescrições de 5.1.3.2 (Proteção pelo emprego de equipamentos classe II ou por isolamento equivalente).

5.1.1.1.3 Condições de instalação dos circuitos

5.1.1.1.3.1 As partes vivas de circuitos SELV e PELV devem ser separadas eletricamente uma das outras e de outros circuitos. Devem ser tomadas medidas para garantir uma separação pelo menos equivalente à existente entre os circuitos primário e secundário de um transformador de segurança.

NOTAS

1 Este requisito não exclui a ligação de circuitos PELV à terra (ver 5.1.1.1.5).

2 Em particular, uma separação elétrica pelo menos equivalente à prevista entre os enrolamentos primário e secundário de um transformador de segurança deve ser garantida entre as partes vivas de dispositivos elétricos, tais como relés e contadores, e quaisquer partes de um circuito de tensão mais elevada.

5.1.1.1.3.2 Os condutores de circuitos SELV e PELV devem, de preferência, ser fisicamente separados dos condutores de qualquer outro circuito. Se isto não for possível, uma das seguintes condições deve ser atendida:

a) os condutores do circuito SELV e PELV devem ser providos de cobertura não metálica, além de sua isolamento básica;

b) os condutores de circuitos de tensões diferentes devem ser separados por uma tela metálica aterrada ou por uma blindagem metálica aterrada;

NOTA - Nos casos a) e b), a isolamento básica de cada um dos condutores precisa corresponder apenas à tensão de seu circuito.

c) um cabo multipolar ou um agrupamento de condutores pode conter circuitos de tensões diferentes, porém os condutores do circuito SELV e PELV devem ser isolados, individual ou coletivamente, para a mais elevada tensão presente.

5.1.1.1.3.3 Os plugues e as tomadas de corrente de circuitos SELV e PELV devem satisfazer às seguintes prescrições:

a) não deve ser possível inserir o plugue em tomadas previstas para outras tensões;

b) a tomada deve impedir a introdução de plugues previstos para outras tensões;

c) as tomadas não devem possuir contato para condutor de proteção.

5.1.1.1.4 Requisitos para circuitos SELV

5.1.1.1.4.1 As partes vivas dos circuitos SELV não devem estar ligadas eletricamente a partes vivas, nem a condutores de proteção pertencentes a outros circuitos, nem à terra.

5.1.1.1.4.2 As massas dos equipamentos elétricos não devem ser ligadas intencionalmente:

a) à terra, ou

b) a condutores de proteção ou a massas de outras instalações, ou

c) a elementos condutores estranhos à instalação; no entanto, para equipamentos que por sua disposição sejam obrigatoriamente ligados a elementos condutores, a presente medida de proteção só é válida se puder ser assegurado que essas partes não possam ser levadas a um potencial superior ao do circuito SELV considerado.

NOTA - Se as massas dos circuitos SELV forem susceptíveis de entrar em contato, efetiva ou fortuitamente, com massas de outros circuitos, a proteção contra choques não deve mais basear-se apenas na medida de proteção por SELV, mas nas medidas de proteção de que estas massas sejam objeto.

5.1.1.1.4.3 Se a tensão nominal do circuito for superior a 25 V em corrente alternada, ou 60 V em corrente contínua, a proteção contra os contatos diretos deve ser assegurada por:

a) barreiras ou invólucros apresentando um grau de proteção IP2X; ou

b) uma isolamento que possa suportar uma tensão de 500 V, valor eficaz em corrente alternada, durante 1 min.

5.1.1.1.4.4 Em geral, quando a tensão não for superior a 25 V, em corrente alternada, ou 60 V, em corrente contínua, nenhuma medida de proteção contra os contatos diretos é necessária; entretanto, isso pode ser necessário sob certas circunstâncias de influências externas (condições BB3 e BB4 - tabela 13).

5.1.1.1.5 Requisitos para circuitos PELV

Onde os circuitos estiverem aterrados e quando SELV, de acordo com 5.1.1.1.4, não for requerido, os requisitos de 5.1.1.1.5.1 e 5.1.1.1.5.2 devem ser satisfeitos.

5.1.1.1.5.1 A proteção contra contatos diretos deve ser assegurada por meio de:

a) barreiras ou invólucros que satisfaçam às condições de IP2XB; ou

b) uma isolamento capaz de suportar uma tensão de ensaio de 500 V, valor eficaz em corrente alternada, durante 1 min.

5.1.1.1.5.2 A proteção contra contatos diretos conforme 5.1.1.1.5.1 não é necessária se o equipamento estiver dentro da zona de influência de uma ligação equipotencial, e a tensão nominal não exceder:

a) 25V, valor eficaz em corrente alternada ou 60 V em corrente contínua sem ondulação, nas condições BB1 e BB2 - tabela 13;

b) 6 V, valor eficaz em corrente alternada ou 15 V em corrente contínua sem ondulação em todos os outros casos.

5.1.1.2 Proteção pela limitação da energia de descarga

Em estudo.

5.1.1.3 Sistema FELV

5.1.1.3.1 Geral

Quando, por razões funcionais, forem usadas tensões da faixa I, mas não forem atendidas todas as prescrições de 5.1.1.1, relativas a SELV ou PELV, e o emprego de SELV ou PELV não for necessário, devem ser tomadas as medidas de proteção complementares descritas em 5.1.1.3.2 e 5.1.1.3.3, para garantir a proteção simultânea contra contatos diretos e indiretos. Essa combinação de medidas é chamada de FELV.

NOTA - Tais condições podem, por exemplo, ser encontradas quando um ponto do circuito estiver aterrado ou quando o circuito comportar equipamentos (transformadores, relés, telerruptores, contadores) que não apresentem um isolamento suficiente em relação aos circuitos de tensão mais elevada.

5.1.1.3.2 Proteção contra contatos diretos

A proteção contra contatos diretos deve ser assegurada por meio de:

- a) barreiras ou invólucros que satisfaçam às condições de 5.1.2.2; ou
- b) uma isolamento correspondente à tensão mínima requerida pelo circuito primário.

Entretanto, onde a isolamento do equipamento integrante de um circuito FELV não for capaz de suportar a tensão de ensaio especificada para o circuito primário, a isolamento das partes acessíveis, não condutoras, deve ser reforçada quando da instalação, a fim de poder suportar uma tensão de ensaio de 1 500 V, valor eficaz em corrente alternada, durante 1 min.

NOTA - O valor dessa tensão poderá ser revisto posteriormente e vai depender dos resultados da normalização internacional (em preparação) relativa à coordenação do isolamento em baixa tensão.

5.1.1.3.3 Proteção contra contatos indiretos

A proteção contra contatos indiretos deve ser assegurada:

- a) pela ligação das massas dos componentes do circuito FELV ao condutor de proteção do circuito primário, desde que este circuito primário atenda à medida de proteção por seccionamento automático descrita em 5.1.3.1; isto não impede a ligação de um condutor vivo do circuito FELV ao condutor de proteção do circuito primário; ou,
- b) pela ligação das massas dos componentes do circuito FELV ao condutor de equipotencialidade não aterrado do circuito primário quando, neste último, seja aplicável a medida de proteção por separação elétrica, de acordo com 5.1.3.5.

5.1.1.3.4 Plugues e tomadas

Os plugues e as tomadas de corrente de circuitos FELV devem satisfazer às seguintes prescrições:

- a) não deve ser possível inserir o plugue em tomadas previstas para outras tensões;
- b) a tomada deve impedir a introdução de plugues previstos para outras tensões.

5.1.2 Proteção contra contatos diretos

5.1.2.1 Proteção por isolamento das partes vivas

A isolamento é destinada a impedir todo contato com as partes vivas da instalação elétrica. As partes vivas devem ser completamente recobertas por uma isolamento que só possa ser removida através de sua destruição. Observe-se que:

- a) para os componentes montados em fábrica, a isolamento deve atender às prescrições relativas a esses componentes;
- b) para os demais componentes, a proteção deve ser garantida por uma isolamento capaz de suportar as solicitações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas às quais possa ser submetida;
- c) as tintas, vernizes, lacas e produtos análogos não são, geralmente, considerados como constituindo uma isolamento suficiente no quadro da proteção contra os contatos diretos.

NOTA - Quando a isolamento for feita durante a execução da instalação, a qualidade desta isolamento deve ser verificada através de ensaios análogos aos destinados a verificar a qualidade da isolamento de equipamentos similares industrializados.

5.1.2.2 Proteção por meio de barreiras ou invólucros

5.1.2.2.1 As barreiras ou invólucros são destinados a impedir todo contato com as partes vivas da instalação elétrica, conforme a NBR 6146.

5.1.2.2.2 As partes vivas devem estar no interior de invólucros ou atrás de barreiras que confiram pelo menos o grau de proteção IP2X. Entretanto, se aberturas maiores do que as admitidas para IP2X (diâmetro inferior a 12 mm) se produzirem durante a manipulação ou substituição de componentes tais como lâmpadas, tomadas de corrente ou dispositivos fusíveis, ou forem necessárias para permitir o funcionamento adequado dos componentes, de acordo com as prescrições aplicáveis a esses componentes, devem ser tomadas precauções para:

- a) impedir que pessoas ou animais domésticos toquem acidentalmente as partes vivas; e
- b) garantir, na medida do possível, que as pessoas sejam advertidas de que as partes acessíveis através da abertura são vivas e não devem ser tocadas intencionalmente.

5.1.2.2.3 As superfícies superiores das barreiras ou dos invólucros horizontais que sejam facilmente acessíveis devem atender pelo menos ao grau de proteção IP4X.

5.1.2.2.4 As barreiras e invólucros devem ser fixados de forma segura e ser de uma robustez e de uma durabilidade suficientes para manter os graus de proteção e a apropriada separação das partes vivas nas condições normais de serviço, levando-se em conta as condições de influências externas relevantes.

5.1.2.2.5 A supressão das barreiras, a abertura dos invólucros ou coberturas ou a retirada de partes dos invólucros ou coberturas não deve ser possível a não ser:

- a) com a utilização de uma chave ou de uma ferramenta; ou
- b) após a desenergização das partes vivas protegidas por essas barreiras, invólucros ou coberturas, não podendo ser restabelecida a tensão enquanto não forem recolocadas as barreiras, invólucros ou coberturas; ou
- c) que haja interposta uma segunda barreira ou isolação que não possa ser retirada sem a ajuda de uma chave ou de uma ferramenta, e que impeça qualquer contato com as partes vivas.

5.1.2.3 Proteção parcial por meio de obstáculos

5.1.2.3.1 Os obstáculos são destinados a impedir os contatos fortuitos com partes vivas, mas não os contatos voluntários por uma tentativa deliberada de contorno do obstáculo.

5.1.2.3.2 Os obstáculos devem impedir:

- a) uma aproximação física não intencional das partes vivas (por exemplo, por meio de corrimãos ou de telas de arame);
- b) contatos não intencionais com partes vivas por ocasião de operação de equipamentos sob tensão

(por exemplo, por meio de telas ou painéis sobre os seccionadores).

5.1.2.3.3 Os obstáculos podem ser desmontáveis sem a ajuda de uma ferramenta ou de uma chave; entretanto, devem ser fixados de forma a impedir qualquer remoção involuntária.

5.1.2.4 Proteção parcial por colocação fora de alcance

5.1.2.4.1 A colocação fora de alcance é somente destinada a impedir os contatos fortuitos com as partes vivas.

5.1.2.4.2 Partes simultaneamente acessíveis que se achem a potenciais diferentes não devem encontrar-se no interior da zona de alcance normal.

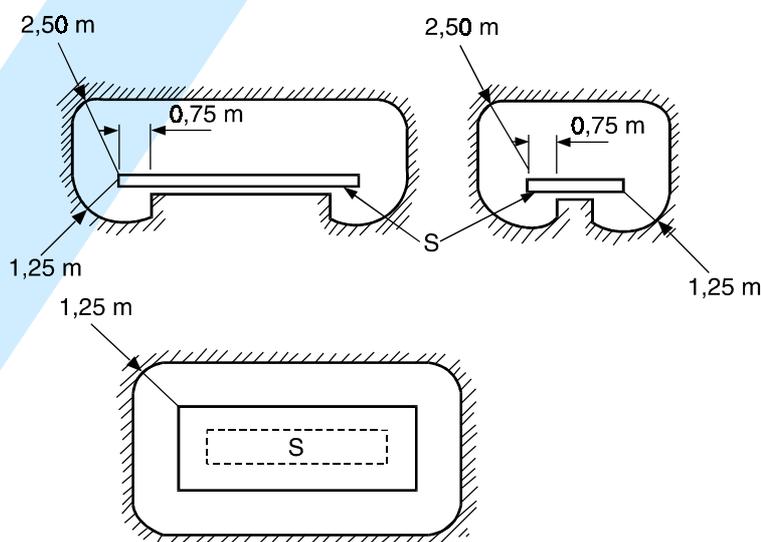
NOTAS

1 Duas partes devem ser consideradas como simultaneamente acessíveis se não estiverem distanciadas de mais de 2,50 m.

2 Por zona de alcance normal entenda-se o volume representado na figura 6.

5.1.2.4.3 Quando a superfície sobre a qual pessoas se postem ou circulem habitualmente for limitada por um obstáculo (por exemplo, corrimão, tela de arame) que apresente grau de proteção inferior a IP2X, as distâncias que limitam a zona de alcance normalmente devem ser determinadas a partir deste obstáculo. No sentido vertical, a zona de alcance normal é limitada a 2,50 m a partir da superfície S sobre a qual se postem ou circulem pessoas, sem levar em conta obstáculos intermediários que apresentem grau de proteção inferior a IP2X.

5.1.2.4.4 As distâncias previstas em 5.1.2.4.1 e 5.1.2.4.2 devem ser ampliadas em função das dimensões de objetos condutores de grande comprimento ou volumosos, que possam ser constantemente manipulados nos locais considerados.



S = Superfície sobre a qual se postam ou circulem pessoas.

Figura 6 - Zona de alcance normal

5.1.2.5 Proteção complementar por dispositivo de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivo DR)

5.1.2.5.1 Qualquer que seja o esquema de aterramento, devem ser objeto de proteção complementar contra contatos diretos por dispositivos a corrente diferencial-residual (dispositivos DR) de alta sensibilidade, isto é, com corrente diferencial-residual nominal $I_{\Delta n}$ igual ou inferior a 30 mA:

- os circuitos que sirvam a pontos situados em locais contendo banheira ou chuveiro (ver 9.1);
- os circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;
- os circuitos de tomadas de corrente de cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, a todo local interno molhado em uso normal ou sujeito a lavagens.

NOTAS

1 Excluem-se, na alínea a), os circuitos que alimentem aparelhos de iluminação posicionados a uma altura igual ou superior a 2,50 m.

2 Podem ser excluídas, na alínea d), as tomadas de corrente claramente destinadas a alimentar refrigeradores e congeladores e que não fiquem diretamente acessíveis.

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

5.1.2.5.2 A utilização de tais dispositivos não é reconhecida como constituindo em si uma medida de proteção completa e não dispensa de forma alguma o emprego de uma das medidas de proteção enunciadas em 5.1.2.1 a 5.1.2.4.

5.1.3 Proteção contra os contatos indiretos

5.1.3.1 Proteção por seccionamento automático da alimentação

O seccionamento automático da alimentação destina-se a evitar que uma tensão de contato se mantenha por um

tempo que possa resultar em risco de efeito fisiológico perigoso para as pessoas (ver IEC 479-1). Esta medida de proteção requer a coordenação entre o esquema de aterramento adotado e as características dos condutores de proteção e dos dispositivos de proteção. Os princípios básicos desta medida de proteção são aqueles apresentados em 5.1.3.1.1. Os meios convencionais para satisfazer a estes princípios estão descritos em 5.1.3.1.4 a 5.1.3.1.6, conforme o esquema de aterramento. As prescrições aqui apresentadas se aplicam, em particular, a instalações de corrente alternada com frequência compreendida entre 15 Hz e 1 000 Hz e a corrente contínua sem ondulação. Prescrições complementares para corrente contínua estão em estudo.

5.1.3.1.1 Princípios básicos

A proteção por seccionamento automático da alimentação baseia-se nos seguintes princípios:

a) **Aterramento** - as massas devem ser ligadas a condutores de proteção nas condições especificadas de 5.1.3.1.4 a 5.1.3.1.6 para cada esquema de aterramento. Massas simultaneamente acessíveis devem ser ligadas à mesma rede de aterramento - individualmente, por grupos ou coletivamente.

NOTA - As disposições referentes ao aterramento e aos condutores de proteção devem satisfazer às prescrições de 6.4.

b) **Tensão de contato limite** - a tensão de contato limite (U_L) não deve ser superior ao valor indicado na tabela 19. Aos limites indicados se aplicam as tolerâncias definidas na IEC 38.

c) **Seccionamento da alimentação** - um dispositivo de proteção deve seccionar automaticamente a alimentação do circuito ou equipamento protegido contra contatos indiretos por este dispositivo sempre que uma falta entre parte viva e massa no circuito ou equipamento considerado der origem a uma tensão de contato superior ao valor apropriado de U_L .

Tabela 19 - Valores máximos da tensão de contato limite U_L (V)

Natureza da corrente	Situação 1 ¹⁾	Situação 2 ¹⁾
Alternada, 15 Hz - 1 000 Hz	50	25
Contínua sem ondulação ²⁾	120	60

¹⁾ As situações 1 e 2 estão conceituadas em 5.8.1.3.1.

²⁾ Uma tensão contínua "sem ondulação" é convencionalmente definida como apresentando uma taxa de ondulação não superior a 10% em valor eficaz; o valor de crista máximo não deve ultrapassar 140 V, para um sistema em corrente contínua sem ondulação com 120 V nominais, ou 70 V para um sistema em corrente contínua sem ondulação com 60 V nominais.

NOTA - Situações mais severas, como no caso de corpo imerso ou em contato permanente com elementos condutores, justificam a fixação de valores ainda menores para a tensão de contato limite. Nesses casos, porém, a proteção por seccionamento automático da alimentação não é considerada adequada, sendo necessárias outras medidas de proteção contra contatos indiretos (ver 5.8.1 e seção 9).

5.1.3.1.2 Ligações eqüipotenciais

a) **Ligação eqüipotencial principal** - em cada edificação deve existir uma ligação eqüipotencial principal reunindo os seguintes elementos:

- condutor(es) de proteção principal(is);
- condutores de eqüipotencialidade principais ligados a canalizações metálicas de utilidades e serviços (água, gás aquecimento, ar-condicionado, etc.) e a todos os demais elementos condutores estranhos à instalação existentes, incluindo os elementos metálicos da construção e outras estruturas metálicas;
- condutor(es) de aterramento;
- eletrodo(s) de aterramento de outros sistemas (por exemplo: de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), de antenas, etc.);
- condutores de aterramento funcional, se existente.

NOTAS

1 A ligação eqüipotencial principal, via de regra, é realizada pelo terminal de aterramento principal (ver 6.4.2.4).

2 Quando tais elementos originarem-se do exterior da edificação, sua conexão à ligação eqüipotencial principal deve ser efetuada o mais próximo possível do ponto em que penetram na edificação.

3 Os condutores de eqüipotencialidade devem satisfazer às prescrições de 6.4.

b) **Ligação eqüipotencial suplementar** - se, em uma instalação ou parte de uma instalação, as condições de proteção definidas em 5.1.3.1.1-c) não puderem ser respeitadas, deve ser realizada uma ligação eqüipotencial suplementar (ver 5.1.3.1.7). Esta ligação deve satisfazer às condições indicadas em 6.4.

NOTAS

1 O emprego da ligação eqüipotencial suplementar não dispensa a necessidade de seccionamento da alimentação por outras razões - por exemplo, proteção contra incêndio, sobreaquecimento do equipamento, etc.

2 A ligação eqüipotencial suplementar pode envolver toda a instalação, uma parte desta, um equipamento ou um local.

3 Prescrições suplementares podem ser necessárias para locais especiais (ver seção 9).

5.1.3.1.3 Aplicação convencional

Para o atendimento dos princípios definidos em 5.1.3.1.1 é suficiente aplicar as prescrições de 5.1.3.1.4 a 5.1.3.1.6, conforme o esquema de aterramento, e, se necessário, de 5.1.3.1.7.

NOTA - Independentemente dos tempos de seccionamento prescritos para os esquemas TN e IT (em 5.1.3.1.4 e 5.1.3.1.6, respectivamente), admite-se um tempo de seccionamento não

superior a 5 s para circuitos de distribuição, bem como para circuitos terminais que alimentem unicamente equipamentos fixos, desde que uma falta no circuito de distribuição, circuito terminal ou equipamento fixo (para os quais esteja sendo considerado o tempo de seccionamento de até 5 s) não propague, para equipamentos portáteis ou equipamentos móveis deslocados manualmente em funcionamento, ligados a outros circuitos terminais da instalação, uma tensão de contato superior ao valor apropriado de U_L .

5.1.3.1.4 Esquema TN

Devem ser obedecidas as prescrições descritas a seguir:

a) todas as massas devem ser ligadas por condutores de proteção ao ponto da alimentação aterrado (neutro);

b) o condutor de proteção deve ser aterrado na proximidade de cada transformador de potência ou de cada gerador da instalação. Se existirem outras possibilidades efetivas, recomenda-se o aterramento do condutor de proteção em tantos pontos quanto possível. O aterramento múltiplo do condutor de proteção, em pontos regularmente distribuídos, pode ser necessário para garantir que, em caso de falta para massas ou para a terra, o potencial do condutor de proteção e das massas que lhe são ligadas permaneça tão próximo quanto possível do potencial local. Em construções de porte, tais como edifícios de grande altura, ligações eqüipotenciais entre condutor de proteção e elementos condutores estruturais locais, são indispensáveis para assegurar o desempenho da função do condutor de proteção;

NOTA - Pela mesma razão, especifica-se ligar o condutor de proteção à terra no ponto de entrada de cada edificação ou propriedade.

c) nas instalações fixas, pode-se utilizar um mesmo e único condutor para as funções de condutor de proteção e de condutor neutro (condutor PEN), observadas as prescrições de 6.4.6.2;

d) as características dos dispositivos de proteção e as impedâncias dos circuitos devem ser tais que, ocorrendo em qualquer ponto uma falta de impedância desprezível entre um condutor de fase e o condutor de proteção ou uma massa, o seccionamento automático se efetue em um tempo no máximo igual ao especificado. Esta prescrição será atendida se a seguinte condição for satisfeita:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_o$$

onde:

Z_s é a impedância do percurso da corrente de falta;

I_a é a corrente que assegura a atuação do dispositivo de proteção em um tempo no máximo igual ao especificado na tabela 20 ou a 5 s nos casos previstos na nota de 5.1.3.1.3; e

U_o é a tensão nominal entre fase e terra.

NOTA - Em uma instalação dada, o valor de Z_s pode ser determinado por cálculo ou por medições.

e) se as condições prescritas na alínea d) anterior não puderem ser satisfeitas com dispositivos a sobrecorrente, deve-se realizar uma ligação equipotencial suplementar conforme 5.1.3.1.7 ou então assegurar a proteção por meio de dispositivos a corrente diferencial-residual;

f) nos casos excepcionais em que possa ocorrer uma falta direta entre um condutor de fase e a terra, por exemplo em linhas aéreas, a condição seguinte deve ser atendida, a fim de que o condutor de proteção e as massas que lhe são ligadas não atinjam um potencial em relação à terra superior à tensão de contato limite U_L :

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{U_L}{U_o - U_L}$$

onde:

R_B é a resistência de aterramento global;

R_E é a resistência mínima presumida de contato com a terra dos elementos condutores não ligados ao condutor de proteção, através dos quais se possa produzir uma falta entre fase e terra;

U_o é a tensão nominal entre fase e terra; e

U_L é a tensão de contato limite.

NOTA - Essa prescrição não é aplicável quando a proteção é assegurada por dispositivo a corrente diferencial-residual nem cobre as redes de distribuição públicas.

g) no esquema TN podem ser usados os seguintes dispositivos na proteção contra contatos indiretos:

- dispositivos de proteção a sobrecorrente;
- dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivos DR).

NOTAS

1 No esquema TN-C não é possível utilizar dispositivos DR.

2 No caso da utilização de dispositivos DR, as massas podem não ser ligadas ao condutor de proteção do esquema TN, desde que sejam ligadas a um eletrodo de aterramento cuja resistência seja compatível com a corrente de atuação do dispositivo diferencial-residual. O circuito assim protegido deve ser então considerado de acordo com o esquema TT, aplicando-se as prescrições de 5.1.3.1.5.

Tabela 20 - Tempos de seccionamento máximos no esquema TN

U_o (V)	Tempo de seccionamento (s)	
	Situação 1	Situação 2
115, 120, 127	0,8	0,35
220	0,4	0,20
277	0,4	0,20
400	0,2	0,05
> 400	0,1	0,02

U_o = tensão nominal entre fase e terra, valor eficaz em corrente alternada

5.1.3.1.5 Esquema TT

Devem ser obedecidas as prescrições descritas a seguir:

a) todas as massas protegidas por um mesmo dispositivo de proteção devem ser ligadas por condutor de proteção a um mesmo eletrodo de aterramento. Se forem utilizados vários dispositivos em série, esta prescrição é aplicável a cada grupo de massas protegidas pelo mesmo dispositivo;

b) no esquema TT, a proteção contra contatos indiretos por seccionamento automático da alimentação deve ser assegurada por dispositivos a corrente diferencial-residual (dispositivos DR);

c) a seguinte condição deve ser atendida:

$$R_A \cdot I_{\Delta n} \leq U_L$$

onde:

R_A é a soma das resistências do eletrodo de aterramento e dos condutores de proteção das massas;

$I_{\Delta n}$ é a corrente diferencial-residual nominal;

U_L é a tensão de contato limite.

NOTA - Quando, em uma mesma instalação, algumas massas se encontrarem na situação 1 e outras na situação 2, e ambas ligadas ao mesmo eletrodo de aterramento, ou a eletrodos de aterramento aparentemente separados mas eletricamente confundidos, deve ser adotado o menor valor de U_L .

d) quando a condição c) anterior não puder ser respeitada, deve-se realizar uma ligação equipotencial suplementar, conforme indicado em 5.1.3.1.7;

e) visando seletividade, dispositivos a corrente diferencial-residual do tipo S conforme IEC 1008-1 e IEC 1009-1 podem ser utilizados em série com dispositivos a corrente diferencial-residual do tipo geral. Para assegurar seletividade com os dispositivos a corrente diferencial-residual do tipo S, admite-se um tempo de atuação não superior a 1 s em circuitos de distribuição.

5.1.3.1.6 Esquema IT

Devem ser obedecidas as prescrições descritas a seguir:

a) as instalações conforme o esquema IT são isoladas da terra ou aterradas através de uma impedância de valor suficientemente elevado. Neste caso, o ponto a ser aterrado é o ponto neutro da fonte ou um ponto neutro artificial. Na hipótese de ponto neutro artificial, pode-se ligá-lo diretamente à terra se sua impedância de seqüência zero for alta o suficiente. Quando não existir qualquer ponto neutro, o aterramento através de impedância pode ser aplicado a um condutor de fase;

NOTA - A necessidade de reduzir sobretensões e amortecer as oscilações de tensão pode conduzir a uma ins-

talação IT com aterramento via impedância ou pontos neutros artificiais. As características desse aterramento devem ser compatíveis com as da instalação.

b) em uma instalação IT, a corrente de falta, no caso de uma única falta à massa ou à terra, é de pequena intensidade, não sendo imperativo o seccionamento da alimentação, se satisfeita a condição c) adiante. Entretanto, devem ser tomadas medidas para evitar qualquer perigo no caso da ocorrência de uma segunda falta, envolvendo outra fase, conforme prescrito na alínea e) adiante. Além disso, cabe advertir, tendo em vista as razões que normalmente motivam a adoção do esquema IT, que ela na prática perde sentido se a primeira falta não for localizada e eliminada o quanto antes;

c) as massas devem ser aterradas, seja individualmente, seja por grupos ou em conjunto. A seguinte condição deve ser satisfeita:

$$R_A \cdot I_d \leq U_L$$

onde:

R_A é a resistência do eletrodo de aterramento das massas;

I_d é a corrente de falta no caso de uma primeira falta direta entre um condutor de fase e uma massa. O valor de I_d leva em conta as correntes de fuga naturais e a impedância global de aterramento da instalação;

U_L é a tensão de contato limite.

NOTA - Quando as massas de uma mesma instalação se encontrarem, umas na situação 1, outras na situação 2, e forem ligadas ao mesmo eletrodo de aterramento, deve ser adotado o menor valor de U_L .

d) deve ser previsto um dispositivo supervisor de isolamento (DSI), para indicar a ocorrência de uma primeira falta à massa ou à terra. Esse dispositivo deve acionar um sinal sonoro e/ou visual;

NOTA - A primeira falta deve ser localizada e eliminada o mais rápido possível.

e) após a ocorrência de uma primeira falta, as condições para o seccionamento da alimentação, quando de uma segunda falta, são as definidas para os esquemas TN ou TT, dependendo da forma como as massas estão aterradas:

- quando as massas forem aterradas individualmente, ou por grupos, as condições aplicáveis são aquelas prescritas para o esquema TT;

- quando todas as massas forem interligadas (massas coletivamente aterradas), as considerações aplicáveis são aquelas do esquema TN, devendo ser atendida a seguinte condição:

$$Z_s \leq \frac{U}{2 I_a}$$

onde:

Z_s é a impedância do percurso da corrente de falta;

U é a tensão nominal entre fases;

I_a é a corrente que assegura a atuação do dispositivo de proteção em um tempo no máximo igual ao especificado na tabela 21 ou a 5 s nos casos previstos na nota de 5.1.3.1.3.

NOTA - A condição indicada acima, para Z_s , pressupõe a não distribuição do condutor neutro.

f) no esquema IT, os seguintes dispositivos de proteção podem ser utilizados na proteção contra contatos indiretos:

- dispositivos de proteção a sobrecorrente;

- dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivos DR).

Tabela 21 - Tempos de seccionamento máximos no esquema IT

U (V)	Tempo de seccionamento (s)	
	Situação 1	Situação 2
208, 220, 230	0,8	0,35
380, 400, 480	0,4	0,20
690	0,2	0,05
1 000	0,1	0,02

NOTAS

1 U = tensão nominal entre fases, valor eficaz em corrente alternada.

2 Para tensões dentro dos limites de tolerância definidos pela IEC 38, os tempos de seccionamento correspondentes às tensões nominais são aplicáveis.

3 Para valores intermediários de tensão deve ser adotado o valor (da tabela) imediatamente superior.

5.1.3.1.7 Ligação equipotencial suplementar

Devem ser obedecidas as prescrições descritas a seguir:

a) a ligação equipotencial suplementar deve compreender todos os elementos condutores simultaneamente acessíveis, sejam massas de equipamentos fixos, sejam elementos condutores estranhos à instalação, e deve incluir, sempre que possível, as armaduras principais de concreto armado utilizadas na construção da edificação. A esse sistema equipotencial devem ser ligados os condutores de proteção de todos os equipamentos, inclusive os das tomadas de corrente;

b) em caso de dúvida, a eficácia da ligação equipotencial suplementar deve ser verificada assegurando-se que a resistência R entre qualquer massa considerada e qualquer elemento condutor simultaneamente acessível (seja outra massa ou elemento condutor estranho à instalação) atenda à seguinte condição:

$$R \leq \frac{U_L}{I_a}$$

onde:

U_L é a tensão de contato limite;

I_a é a corrente de atuação do dispositivo de proteção, correspondendo a:

- $I_{\Delta n}$ para dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual;
- corrente de atuação em 5 s para dispositivos a sobrecorrente.

5.1.3.2 Proteção pelo emprego de equipamentos da classe II ou por isolamento equivalente

5.1.3.2.1 A proteção deve ser garantida pela utilização de qualquer das soluções a), b) e c) expostas a seguir:

a) equipamentos que tenham sido submetidos aos ensaio de tipo e marcados conforme as normas aplicáveis, a saber:

- equipamentos com isolamento dupla ou reforçada (equipamentos da classe II);
- conjuntos pré-fabricados de equipamentos com isolamento total (ver NBR 6808 e IEC 439-2);

NOTA - Esses equipamentos são identificados pelo símbolo



b) uma isolamento suplementar, aplicada (aos equipamentos elétricos que possuam apenas uma isolamento básica) durante a execução da instalação elétrica. Essa isolamento deve garantir ao equipamento uma segurança equivalente à dos equipamentos conforme alínea a) anterior e atender às condições especificadas em 5.1.3.2.2 a 5.1.3.2.8;

NOTA - O símbolo  deve ser fixado em posição visível no exterior e no interior do invólucro.

c) uma isolamento reforçada, aplicada às partes vivas não isoladas e montadas durante a execução da instalação, garantindo uma segurança equivalente à dos equipamentos conforme alínea a) anterior e atendendo às condições especificadas em 5.1.3.2.2 a 5.1.3.2.8; uma isolamento deste tipo só é admitida quando características construtivas impedirem a aplicação da isolamento dupla.

NOTA - O símbolo  deve ser fixado em posição visível no exterior e no interior do invólucro.

5.1.3.2.2 Estando o equipamento elétrico pronto para entrar em funcionamento, todas as massas separadas das partes vivas apenas por uma isolamento básica devem estar contidas em um isolante que possua pelo menos o grau de proteção IP2X.

5.1.3.2.3 O invólucro isolante deve ser capaz de resistir às solicitações mecânicas, elétricas ou térmicas às quais possa ser submetido em uso normal.

NOTA - Camadas de tinta, vernizes, lacas e produtos análogos não são em geral considerados como satisfazendo a estas

condições. Isto não exclui, no entanto, a utilização de invólucros cobertos por uma camada destes materiais, quando as normas aplicáveis admitirem seu uso e o invólucro for ensaiado de acordo com tais normas.

5.1.3.2.4 Se o invólucro isolante não tiver sido ensaiado previamente, deve-se realizar um ensaio de tensão aplicada, de acordo com as prescrições das seções 7 e 8.

5.1.3.2.5 O invólucro isolante não deve ser atravessado por elementos condutores susceptíveis de propagar um potencial. O invólucro não deve possuir parafusos de material isolante cuja substituição por parafusos metálicos possa comprometer o isolamento proporcionado pelo invólucro.

NOTA - Quando o invólucro isolante tiver que ser atravessado por ligações mecânicas (por exemplo, alavancas de comando de equipamentos), estas devem ser realizadas de forma a não comprometer a proteção contra contatos indiretos.

5.1.3.2.6 Quando o invólucro comportar tampas ou portas que possam ser abertas sem o auxílio de ferramentas ou chaves, todas as massas que sejam acessíveis quando a tampa ou a porta estiver aberta devem ser protegidas por uma barreira isolante que apresente pelo menos grau de proteção IP2X, de modo a impedir que as pessoas toquem acidentalmente nas referidas massas. Essa barreira só pode ser removida através do uso de chave ou ferramenta.

5.1.3.2.7 As massas no interior de um invólucro isolante não devem ser ligadas a um condutor de proteção. Entretanto, podem ser tomadas medidas para uma ligação de condutores de proteção que por necessidade passem através do invólucro para ligar outros equipamentos cujos circuitos de alimentação atravessam o invólucro. No interior do invólucro, os condutores de proteção e os terminais correspondentes devem ser isolados como se fossem partes vivas e os terminais devem ser marcados de forma apropriada.

NOTA - Partes condutoras acessíveis ou intermediárias não devem ser ligadas a um condutor de proteção, a menos que isso seja especificamente previsto nas normas de construção do equipamento correspondente.

5.1.3.2.8 O invólucro não deve prejudicar o funcionamento do equipamento por ele protegido.

5.1.3.2.9 A instalação dos equipamentos enunciados em 5.1.3.2.1 (fixação, ligação dos condutores, etc.) deve ser realizada de modo a não prejudicar a proteção assegurada conforme as normas de construção desses equipamentos.

5.1.3.3 Proteção em locais não condutores

Respeitadas todas as condições abaixo, admite-se o uso de equipamentos classe 0.

5.1.3.3.1 As massas devem ser dispostas de modo que, em condições normais, as pessoas não possam entrar simultaneamente em contato com:

- a) duas massas;
- b) uma massa e qualquer elemento condutor estranho à instalação caso tais elementos sejam suscep-

tíveis de se encontrar a potenciais diferentes no caso de falha da isolação principal das partes vivas.

5.1.3.3.2 Em um local não condutor não deve ser possível a conexão de qualquer equipamento com um condutor de proteção.

5.1.3.3.3 As prescrições de 5.1.3.3.1 são consideradas atendidas se o local possuir piso e paredes isolantes, e atender a uma ou mais das condições abaixo:

a) afastamento entre massas e elementos condutores estranhos à instalação. Esse afastamento é considerado suficiente se a distância entre dois elementos não é inferior a 2 m, podendo ser reduzida para 1,25 m fora da zona de alcance normal;

b) interposição de obstáculos entre massas ou entre massas e elementos condutores estranhos à instalação. Tais obstáculos devem garantir distanciamentos equivalentes aos prescritos em a). Os obstáculos não devem ser ligados nem à terra, nem às massas e, na medida do possível, devem ser de material isolante;

c) isolamento dos elementos condutores. A isolação deve possuir uma resistência mecânica suficiente e deve poder suportar uma tensão de ensaio de no mínimo 2 000 V. A corrente de fuga não deve ser superior a 1 mA nas condições normais de uso.

5.1.3.3.4 As paredes e pisos isolantes devem apresentar uma resistência de no mínimo

a) 50 k Ω , se a tensão nominal da instalação não for superior a 500 V, ou

b) 100 k Ω , se a tensão nominal da instalação for superior a 500 V, em qualquer ponto e medida de acordo com as condições definidas nas seções 7 e 8.

NOTA - Se, em algum ponto, a resistência for inferior aos valores prescritos, as paredes e os pisos devem ser considerados como elementos condutores, do ponto de vista da proteção contra choques elétricos.

5.1.3.3.5 As medidas devem ser duráveis e não deve ser possível torná-las ineficazes. Elas devem garantir igualmente a proteção quando for prevista a utilização de equipamentos móveis.

NOTA - Convém atentar para o risco de introdução posterior, nas instalações elétricas não adequadamente supervisionadas, de outros elementos (por exemplo, equipamentos móveis da classe I ou elementos condutores, tais como canalizações metálicas de água) susceptíveis de invalidar a obediência a 5.1.3.3.5

5.1.3.3.6 Devem ser tomadas medidas para evitar que elementos condutores ou massas possam propagar potenciais para fora do local considerado.

5.1.3.4 Proteção por ligações equipotenciais locais não aterradas

5.1.3.4.1 Todas as massas e elementos condutores simultaneamente acessíveis devem ser interligados por condutores de equipotencialidade

5.1.3.4.2 A ligação equipotencial local não deve ter qualquer ligação com a terra, seja diretamente, seja por intermédio de massas ou de elementos condutores.

NOTA - Se essa condição não puder ser cumprida, deve ser aplicada a medida de proteção por seccionamento automático da alimentação (ver 5.1.3.1).

5.1.3.4.3 Devem ser tomadas precauções para garantir o acesso de pessoas ao local considerado sem que elas possam ser submetidas a uma diferença de potencial perigosa. Isto aplica-se principalmente no caso em que um piso condutor isolado do solo é ligado à ligação equipotencial local.

5.1.3.5 Proteção por separação elétrica

5.1.3.5.1 A proteção por separação elétrica deve ser assegurada através da obediência à prescrição:

a) 5.1.3.5.3, se o circuito separado alimentar apenas um aparelho; ou

b) 5.1.3.5.4, se o circuito separado alimentar vários aparelhos

NOTA - Recomenda-se que o produto da tensão nominal do circuito separado, em volts, pelo comprimento do circuito, em metros, não seja superior a 100 000, e que o comprimento do circuito não seja superior a 500 m.

5.1.3.5.2 Além do enunciado em 5.1.3.5.1, devem ser observadas também as prescrições a) a g) descritas a seguir:

a) o circuito deve ser alimentado por intermédio de uma fonte de separação, isto é:

- transformador de separação; ou

- uma fonte de corrente que assegure um grau de segurança equivalente ao do transformador de separação especificado acima, por exemplo um grupo motor-gerador com enrolamentos que forneçam uma separação equivalente;

NOTA - Por "transformadores de separação" entenda-se transformadores cuja função primordial é a de evitar a circulação de corrente para a terra no circuito secundário, proporcionando assim proteção contra choques elétricos.

b) as fontes de separação móveis devem ser da classe II ou possuir isolação equivalente (5.1.3.2);

c) as fontes de separação fixas devem ser:

- de classe II ou possuir isolação equivalente (5.1.3.2); ou

- tais que o circuito secundário esteja separado do circuito primário e do invólucro por uma isolação que satisfaça às condições de 5.1.3.2; se uma fonte desse tipo alimentar vários aparelhos, não devem estar ligadas ao invólucro metálico da fonte;

d) a tensão nominal do circuito separado não deve ser superior a 500 V;

e) as partes vivas do circuito separado não devem ter qualquer ponto comum com outro circuito nem qualquer ponto aterrado. A fim de evitar riscos de faltas para terra, deve ser dada especial atenção à isolação destas partes em relação à terra, principalmente no que toca aos cabos flexíveis;

f) os cabos flexíveis devem ser visíveis em toda sua extensão e ser de um tipo capaz de suportar solicitações mecânicas (condições de influências externas AG2 - tabela 6-(a));

g) todos os condutores do circuito separado devem estar fisicamente separados dos de outros circuitos.

5.1.3.5.3 Quando um circuito separado só alimentar um aparelho, suas massas não devem ser ligadas intencionalmente a condutores de proteção, massas de outros circuitos ou a elementos condutores estranhos à instalação.

5.1.3.5.4 Se forem tomadas precauções para proteger o circuito secundário contra danos ou falhas de isolamento, uma fonte de separação conforme alínea a) de 5.1.3.5.2 pode alimentar vários aparelhos, desde que todas as prescrições abaixo sejam atendidas:

a) as massas dos circuitos separados devem ser ligadas entre si por condutores de equipotencialidade não aterrados. Estes condutores não devem ser ligados a condutores de proteção, nem a massas de outros circuitos, nem a elementos condutores estranhos;

b) todas as tomadas de corrente devem possuir um contato exclusivo para ligação aos condutores de equipotencialidade previstos em a);

c) todos os cabos flexíveis devem possuir um condutor de proteção utilizado como condutor de equipotencialidade;

d) no caso de duas faltas diretas afetando duas massas e alimentadas por dois condutores de polaridades diferentes, um dispositivo de proteção deve garantir o seccionamento em um tempo igual ou inferior ao fixado na tabela 20.

5.2 Proteção contra efeitos térmicos

5.2.1 Generalidades

As pessoas, os componentes fixos de uma instalação elétrica, bem como os materiais fixos adjacentes, devem ser protegidos contra os efeitos prejudiciais do calor ou radiação térmica produzida pelos equipamentos elétricos, particularmente quanto a:

- a) riscos de queimaduras;
- b) prejuízos no funcionamento seguro de componentes da instalação;
- c) combustão ou deterioração de materiais.

NOTA - A proteção contra as sobrecorrentes é tratada em 5.3.

5.2.2 Proteção contra incêndio

5.2.2.1 Os componentes elétricos não devem apresentar perigo de incêndio para os materiais vizinhos. Devem ser observadas, além das prescrições desta Norma, eventuais instruções relevantes dos fabricantes.

5.2.2.2 Os componentes fixos cujas superfícies externas possam atingir temperaturas que venham a causar perigo de incêndio a materiais adjacentes devem:

a) ser montados sobre materiais ou contidos no interior de materiais que suportem tais temperaturas e sejam de baixa condutância térmica; ou

b) ser separados dos elementos da construção do prédio por materiais que suportem tais temperaturas e sejam de baixa condutância térmica; ou

c) ser montados de modo a permitir a dissipação segura do calor, a uma distância segura de qualquer material em que tais temperaturas possam ter efeitos térmicos prejudiciais, sendo que qualquer meio de suporte deverá ser de baixa condutância térmica.

5.2.2.3 Quando, em serviço normal, um componente instalado de modo permanente puder emitir arcos ou faúlhas, o componente deve:

a) ser totalmente envolvido por material resistente a arcos; ou

b) ser separado, por materiais resistentes a arcos, de elementos de construção do prédio nos quais os arcos possam ter efeitos térmicos prejudiciais; ou

c) ser montado de modo a permitir a segura extinção do arco a uma distância suficiente dos elementos do prédio nos quais os arcos possam ter efeitos térmicos prejudiciais.

5.2.2.4 Os componentes fixos que apresentem efeitos de focalização ou concentração de calor devem estar a uma distância suficiente de qualquer objeto fixo ou elemento do prédio, de modo a não submetê-los, em condições normais, a elevação perigosa de temperatura.

5.2.2.5 Quando, em um dado local, forem usados equipamentos elétricos contendo líquidos inflamáveis em quantidade significativa, devem ser tomadas precauções para evitar que o líquido inflamado e os produtos da combustão do líquido (chamas, fumos, gases tóxicos) se espalhem para outras partes do prédio. São exemplos de tais precauções:

a) construção de fosso de drenagem, para coletar vazamentos de líquidos e assegurar a extinção de chamas, na eventualidade de incêndio;

b) instalação do equipamento em uma câmara com resistência ao fogo adequada e a previsão de peitoris, ou outros meios, para evitar que o líquido inflamado se espalhe para outras partes do prédio, sendo a câmara ventilada apenas por atmosfera externa.

NOTAS

1 O limite inferior geralmente aceito para uma quantidade significativa é de 25 L.

2 Para quantidades inferiores a 25 L, é suficiente uma providência que evite o vazamento do líquido.

3 É conveniente que o fornecimento de energia seja interrompido quando da ocorrência de um incêndio.

5.2.2.6 Os materiais dos invólucros dispostos em torno de componentes elétricos durante a instalação devem suportar a maior temperatura susceptível de ser produzida pelo componente. Materiais combustíveis não são adequados para a construção destes invólucros, a menos que sejam tomadas medidas preventivas contra a ignição, tais como o revestimento com material incombustível ou de combustão difícil e de baixa condutância térmica.

5.2.3 Proteção contra queimaduras

5.2.3.1 As partes acessíveis de equipamentos elétricos que estejam situadas na zona de alcance normal não devem atingir temperaturas que possam causar queimaduras em pessoas e devem atender aos limites de temperatura indicados na tabela 22. Todas as partes da instalação que possam, em serviço normal, atingir, ainda que por períodos curtos, temperaturas que excedam os limites dados na tabela 22, devem ser protegidas contra qualquer contato acidental. Os valores da tabela 22 não se aplicam a componentes cujas temperaturas limites das superfícies expostas, no que concerne à proteção contra queimaduras, sejam fixadas por normas específicas.

5.3 Proteção contra sobrecorrentes

5.3.1 Regra geral

Os condutores vivos devem ser protegidos por um ou mais dispositivos de seccionamento automático contra sobrecargas (ver 5.3.3) e contra curtos-circuitos (ver 5.3.4), exceto quando as sobrecorrentes forem limitadas de acordo com 5.3.6. Além disso, a proteção contra sobrecargas e a proteção contra curtos-circuitos devem ser coordenadas de acordo com 5.3.5.

NOTAS

1 Os condutores vivos protegidos contra sobrecargas, de acordo com 5.3.3, são considerados igualmente protegidos contra qualquer falta capaz de produzir sobrecorrentes na faixa das correntes de sobrecarga.

2 Para as condições de aplicação, ver 5.7.4.

3 A proteção dos condutores realizada de acordo com esta seção não garante necessariamente a proteção dos equipamentos ligados a esses condutores.

5.3.2 Natureza dos dispositivos de proteção

Os dispositivos de proteção devem ser escolhidos entre os indicados em 5.3.2.1 a 5.3.2.3.

Tabela 22 - Temperaturas máximas das superfícies externas dos equipamentos elétricos dispostos no interior da zona de alcance normal

Tipo de superfície	Temperaturas máximas (°C)
Superfícies de alavancas, volantes ou punhos de dispositivos de controle manuais:	
- metálicas	55
- não-metálicas	65
Superfícies previstas para serem tocadas em serviço normal, mas não destinadas a serem mantidas à mão de forma contínua:	
- metálicas	70
- não-metálicas	80
Superfícies acessíveis, mas não destinadas a serem tocadas em serviço normal:	
- metálicas	80
- não-metálicas	90

NOTAS

1 Esta prescrição não se aplica a materiais cujas normas fixam limites de temperatura ou de aquecimento para as superfícies acessíveis.

2 A distinção entre superfícies metálicas e não-metálicas depende da condutividade térmica da superfície considerada. Camadas de tinta e de verniz não são consideradas como modificando a condutividade térmica da superfície. Ao contrário, certos revestimentos plásticos podem reduzir sensivelmente a condutividade térmica de uma superfície metálica e permitir considerá-la como não-metálica.

3 Para dispositivos de controle manuais, dispostos no interior de invólucros, que somente sejam acessíveis após a abertura do invólucro (por exemplo, alavancas de emergência ou alavancas de desligamento) e que não sejam utilizados freqüentemente, podem ser admitidas temperaturas mais elevadas.

5.3.2.1 Dispositivos que garantem simultaneamente a proteção contra correntes de sobrecarga e contra correntes de curto-circuito

Esses dispositivos de proteção devem poder interromper qualquer sobrecorrente inferior ou igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto em que o dispositivo está instalado. Eles devem satisfazer às prescrições de 5.3.3 e de 5.3.4.3. Tais dispositivos podem ser:

- a) disjuntores, conforme a NBR 5361, IEC 947-2 ou IEC 898;
- b) dispositivos fusíveis tipo gG conforme a NBR 11840;
- c) disjuntores associados a dispositivos fusíveis conforme IEC 947-2 ou IEC 898.

NOTAS

1 O termo dispositivo fusível compreende todas as partes constituintes do dispositivo de proteção.

2 O uso de um dispositivo que possua uma capacidade de interrupção inferior à corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação está sujeito às prescrições de 5.3.4.3.

3 Quando da aplicação de disjuntores conforme a NBR 5361, devem ser levados em consideração os valores de I_2 (corrente convencional de atuação), t_c (tempo convencional), bem como a integral de Joule (característica I^2t).

5.3.2.2 Dispositivos que garantem apenas a proteção contra corrente de sobrecarga

São os dispositivos que possuem geralmente uma característica de funcionamento a tempo inverso, podendo possuir uma capacidade de interrupção inferior à corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação. Devem satisfazer às prescrições de 5.3.3.

5.3.2.3 Dispositivos que garantem apenas a proteção contra corrente de curto-circuito

Tais dispositivos podem ser utilizados quando a proteção contra sobrecargas for realizada por outros meios ou quando a subseção 5.7.4 admitir a omissão da proteção contra sobrecargas. Estes dispositivos devem poder interromper qualquer corrente de curto-circuito inferior ou igual à corrente de curto-circuito presumida e devem satisfazer às prescrições de 5.3.4. Podem ser usados:

- a) disjuntores, conforme a NBR 5361, IEC 947-2 ou IEC 898;
- b) dispositivos fusíveis com fusíveis tipo gG, gM ou aM, conforme a NBR 11840.

NOTAS

1 Os fusíveis gM e aM destinam-se à proteção de circuitos de motores.

2 Quando da aplicação de disjuntores conforme a NBR 5361, deve ser levada em consideração a integral de Joule (característica I^2t).

5.3.3 Proteção contra correntes de sobrecarga

5.3.3.1 Prescrições gerais

Devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de sobrecarga nos condutores dos circuitos antes que esta possa provocar um aquecimento prejudicial à isolamento, às ligações, aos terminais ou às vizinhanças das linhas.

5.3.3.2 Coordenação entre condutores e dispositivos de proteção

A característica de funcionamento de um dispositivo protegendo um circuito contra sobrecargas deve satisfazer às duas seguintes condições:

$$a) I_B \leq I_n \leq I_z;$$

$$b) I_2 \leq 1,45 I_z.$$

onde:

I_B é a corrente de projeto do circuito;

I_z é a capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação (ver 6.2.4);

I_n é a corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;

I_2 é a corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis.

NOTA - A condição b) é aplicável quando for possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores (ver tabela 29) não seja mantida por um tempo superior a 100 h durante 12 meses consecutivos ou por 500 h ao longo da vida útil do condutor. Quando isso não ocorrer, a condição b) deve ser substituída por:

$$I_2 \leq I_z$$

5.3.3.3 Proteção de condutores em paralelo

Quando um mesmo dispositivo de proteção proteger contra correntes de sobrecarga vários condutores em paralelo, o valor de I_z é igual à soma das capacidades de condução de corrente de cada um dos condutores, admitindo-se que os condutores estejam dispostos de forma a transportar correntes praticamente iguais.

NOTA - Ver 6.2.5.7.

5.3.4 Proteção contra correntes de curto-circuito

5.3.4.1 Regra geral

Devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de curto-circuito nos condutores dos circuitos, de forma a evitar que os efeitos térmicos e dinâmicos da corrente prevista possam causar a daniificação dos condutores e/ou de outros elementos do circuito.

5.3.4.2 Determinação das correntes de curto-circuito presumidas

As correntes de curto-circuito presumidas devem ser determinadas em todos os pontos da instalação julgados necessários. Essa determinação pode ser efetuada por cálculo ou por medida.

5.3.4.3 Características dos dispositivos de proteção contra correntes de curto-circuito

Todo dispositivo que garanta a proteção contra curtos-circuitos deve atender às duas condições seguintes:

a) sua capacidade de interrupção deve ser no mínimo igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto da instalação, exceto na condição indicada a seguir:

- um dispositivo com capacidade de interrupção inferior é admitido se um outro dispositivo com a capacidade de interrupção necessária for instalado a montante. Nesse caso, as características dos dois dispositivos devem ser coordenadas de tal forma que a energia que deixam passar os dispositivos não seja superior à que podem suportar, sem danos, o dispositivo situado a jusante e as linhas protegidas por esse dispositivo;

NOTA - Em certos casos, pode ser necessário tomar em consideração outras características, tais como os esforços dinâmicos e a energia de arco, para os dispositivos situados a jusante. Os detalhes das características que necessitam de coordenação devem ser obtidos junto aos fabricantes desses dispositivos.

b) a integral de Joule que o dispositivo deixa passar deve ser inferior ou igual à integral de Joule necessária para aquecer o condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura limite de curto-circuito (ver tabela 29), o que pode ser indicado pela seguinte expressão:

$$\int i^2 dt \leq k^2 S^2$$

Onde:

$\int i^2 dt$ é a integral de Joule que o dispositivo de proteção deixa passar, em ampères quadrados-segundo;

$k^2 S^2$ é a integral de Joule para aquecimento do condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura de curto-circuito, admitindo aquecimento adiabático, sendo:

k igual a:

115 para condutores de cobre com isolamento de PVC;

135 para condutores de cobre com isolamento de EPR ou XLPE;

74 para condutores de alumínio com isolamento de PVC;

87 para condutores de alumínio com isolamento de EPR ou XLPE;

115 para as emendas soldadas a estanho nos condutores de cobre correspondendo a uma temperatura de 160°C;

S é a seção do condutor em milímetros quadrados.

NOTAS

1 Para curtos-circuitos de qualquer duração, onde a assimetria da corrente não seja significativa, e para curtos-circuitos assimétricos de duração $0,1 s \leq t \leq 5 s$, pode-se escrever:

$$I^2 \cdot t \leq k^2 S^2$$

onde:

I é a corrente de curto-circuito presumida simétrica, em ampères;

t é a duração, em segundos.

2 Outros valores de k, para os casos mencionados abaixo, ainda não estão normalizados:

- condutores de pequena seção (principalmente para seções inferiores a 10 mm²);

- curtos-circuitos de duração superior a 5 s;

- outros tipos de emendas nos condutores;

- condutores nus;

- condutores blindados com isolante mineral.

3 A corrente nominal do dispositivo de proteção contra curtos-circuitos pode ser superior à capacidade de condução de corrente dos condutores do circuito.

5.3.4.4 Proteção de condutores em paralelo

Um único dispositivo de proteção pode proteger contra correntes de curto-circuito vários condutores em paralelo, desde que as características de funcionamento do dispositivo e a maneira de instalar dos condutores em paralelo estejam coordenadas de maneira adequada.

NOTA - Devem ser analisadas as condições que poderão apresentar-se no caso de o curto-circuito não afetar todos os condutores.

5.3.5 Coordenação entre a proteção contra correntes de sobrecarga e a proteção contra correntes de curto-circuito

5.3.5.1 Proteções garantidas pelo mesmo dispositivo

Se um dispositivos de proteção contra sobrecarga escolhido de acordo com 5.3.3 possuir uma capacidade de interrupção pelo menos igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação, o mesmo pode ser considerado, também, como proteção contra curtos-circuitos para a linha situada a jusante desse ponto.

NOTA - Isto pode não ser válido para todas as correntes de curto-circuito; a verificação deve ser efetuada conforme as prescrições de 5.3.4.3.

5.3.5.2 Proteções garantidas por dispositivos distintos

As prescrições de 5.3.3 e 5.3.4 aplicam-se, respectivamente, ao dispositivo de proteção contra sobrecargas e ao dispositivo de proteção contra curtos-circuitos. As características dos dispositivos devem ser coordenadas de tal maneira que a energia que o dispositivo de proteção contra curtos-circuitos deixa passar, por ocasião de um curto, não seja superior à que pode suportar, sem danos, o dispositivo de proteção contra sobrecargas.

5.3.6 Limitação das sobrecorrentes através das características da alimentação

São considerados protegidos contra qualquer sobrecorrente os condutores alimentados por uma fonte cuja impedância seja tal que a corrente máxima que ela pode fornecer não seja superior à capacidade de condução de corrente dos condutores (como é o caso de certos transformadores para dispositivos sonoros, certos transformadores de solda e certos tipos de geradores termoelétricos).

5.4 Proteção contra sobretensões

5.4.1 Prescrições gerais

5.4.1.1 As sobretensões nas instalações elétricas de baixa tensão, aí incluídas as linhas elétricas de sinal, não devem comprometer a segurança das pessoas, nem a integridade das próprias instalações e dos equipamentos servidos.

5.4.1.2 A segurança das instalações deve ser garantida através de equalização do potencial local.

5.4.2 Sobretensões devidas a faltas em outra instalação de tensão mais elevada

5.4.2.1 A necessidade de utilização de dispositivos adequados de proteção contra sobretensões deve ser avaliada com base nas tensões de operação e nos níveis de

tensão suportável pelos equipamentos da instalação de baixa tensão e/ou ligados às linhas elétricas de sinal.

NOTAS

1 No caso de instalação de tensão mais elevada, em que a corrente de uma falta para terra não seja devidamente limitada, o respectivo dispositivo de proteção deve efetuar o desligamento instantâneo do circuito dessa alimentação.

2 Deve-se garantir a segurança de pessoas e instalações contra tensões induzidas e a elevação de potencial de solo.

5.4.3 Sobretensões de origem atmosférica

5.4.3.1 A avaliação dos riscos provocados por sobretensões de origem atmosférica deve levar em consideração:

- a) as características das alimentações de alta e de baixa tensão e das linhas de sinal;
- b) as características de instalação que afetam a impedância do condutor de aterramento;
- c) a sua exposição à ação de descargas atmosféricas;
- d) as eventuais proteções contra sobretensões existentes a montante;
- e) outros condutores metálicos que entram ou saem da edificação, em especial de torres de sinalização e/ou de antenas;
- f) os níveis de tensão suportável e da categoria dos equipamentos quanto às sobretensões, conforme a tabela 23;
- g) o tipo de alimentação dos equipamentos (sensíveis) monofásicos, se entre fase e neutro, ou entre duas fases;
- h) o aterramento dos circuitos de sinal dos equipamentos.

Tabela 23 - Nível de tensão suportável e da categoria dos equipamentos

Categoria dos equipamentos	Nível presumido de sobretensão transitória (kV)	
	Tensão nominal da instalação em corrente alternada (V)	Linhas elétricas de sinal
	120/240; 127/220; 220/380	
I Equipamento especialmente protegido	0,8	-
II Aparelhos eletrodomésticos e eletroprofissionais	1,5	-
III Circuitos de distribuição e terminais	2,5	-
IV Localizados na origem da instalação	6,0	1,5

5.4.3.2 Em instalações alimentadas por rede de distribuição em baixa tensão, situadas em zonas expostas a raios (AQ2 e AQ3 conforme 4.3.1.11), se necessário, devem ser instalados, na origem da instalação, dispositivos adequados de proteção contra sobretensões do tipo não curto-circuitante, tais como pára-raios de resistência não linear de baixa tensão (pára-raios secundários).

5.4.3.3 Nos casos de serem as linhas elétricas de sinal constituídas por condutores metálicos, devem ser instalados dispositivos de proteção contra sobretensões, do tipo curto-circuitante, tais como centelhadores, no Ponto de Terminação da Rede (PTR).

NOTA - Quando os cabos de sinal forem providos de proteção metálica, estas devem ser aterradas.

5.5 Proteção contra quedas e faltas de tensão

5.5.1 Medidas de proteção

5.5.1.1 Devem ser tomadas medidas de proteção quando uma queda de tensão significativa (ou sua falta total) e o posterior restabelecimento dessa tensão forem suscetíveis de criar perigo para pessoas e bens ou de perturbar o bom funcionamento da instalação.

5.5.1.2 Para a proteção contra quedas e faltas de tensão são normalmente utilizados relés de subtensão acoplados a dispositivos de seccionamento ou contadores com contato de auto-alimentação.

5.6 Seccionamento e comando

5.6.1 Introdução

Esta subseção trata das medidas de seccionamento e comando não automático, local ou à distância, utilizadas a fim de evitar ou suprimir perigos com instalação elétricas ou com equipamentos alimentados por energia elétrica.

5.6.2 Generalidades

5.6.2.1 De acordo com as funções desejadas, todo dispositivo previsto para seccionamento ou comando deve satisfazer às prescrições correspondentes de 6.3.8.

5.6.2.2 No esquema TN-C, o condutor PEN não deve ser seccionado. No esquema TN-S, o condutor neutro pode não ser seccionado.

NOTA - Em todos os esquemas de aterramento, o condutor de proteção não deve ser seccionado (ver também 6.4.3.3.3).

5.6.2.3 As medidas descritas nesta seção não substituem as medidas de proteção descritas em 5.1 a 5.5, inclusive.

5.6.3 Seccionamento

5.6.3.1 Qualquer circuito deve ser seccionado em cada um dos condutores vivos, com exceção dos descritos em 5.6.2.2. Podem ser tomadas medidas para o seccionamento de um conjunto de circuitos por um mesmo dispositivo, se as condições de serviço o permitirem.

5.6.3.2 Devem ser previstas medidas apropriadas para impedir qualquer energização inadvertida de um equipamento.

NOTAS

1 Essas medidas podem incluir uma ou mais das seguintes:

- travamento do dispositivo de seccionamento por cadeado;
- avisos;
- instalação em local ou invólucro fechado a chave.

2 Quando houver necessidade, como medida complementar, as partes vivas devem ser curto-circuitadas e aterradas.

5.6.3.3 Quando um equipamento ou invólucro contiver partes vivas ligadas a mais de um circuito alimentador, uma nota de advertência deve ser colocada de forma que toda pessoa que tenha acesso às partes vivas seja prevenida da necessidade de seccionar os diferentes circuitos.

5.6.3.4 Devem ser previstos meios apropriados, se necessário, para garantir a descarga da energia elétrica.

5.6.4 Seccionamento para manutenção mecânica

5.6.4.1 Devem ser previstos meios de seccionamento quando a manutenção mecânica envolver risco de quaisquer danos.

NOTAS

1 Entende-se por equipamento mecânico alimentado por energia elétrica, além das máquinas rotativas, os sistemas de aquecimento e os equipamentos eletromagnéticos.

2 Exemplos de instalações onde é utilizado o seccionamento para a manutenção mecânica:

- guindastes;
- elevadores;
- escadas rolantes;
- correias transportadoras;
- máquinas-ferramenta;
- bombas.

3 Essas prescrições não se referem a sistemas alimentados por outras formas de energia, por exemplo energia pneumática, hidráulica ou vapor. Nesses casos o seccionamento de toda alimentação elétrica associada pode não ser suficiente.

5.6.4.2 Devem ser previstas medidas apropriadas para impedir qualquer reenergização inadvertida do equipamento durante sua manutenção mecânica.

NOTAS

1 Essas medidas podem incluir uma ou mais das seguintes:

- travamento do dispositivo de seccionamento por cadeado;

- avisos;
- instalação em local ou invólucro fechado a chave.

2 Em sistemas alimentados por energia elétrica, quando houver necessidade, como medida complementar, as partes vivas devem ser curto-circuitadas e aterradas.

5.6.5 Seccionamento de emergência, incluindo parada de emergência

5.6.5.1 Devem ser previstos meios de seccionamento de emergência para qualquer parte da instalação em que possa ser necessário seccionar a alimentação a fim de suprimir rapidamente um perigo inesperado.

NOTA - Exemplo de instalação em que é utilizado o seccionamento de emergência (não considerando a parada de emergência, conforme 5.6.5.5):

- a) bombeamento de líquidos inflamáveis;
- b) sistemas de ventilação;
- c) sistemas de computação;
- d) lâmpadas de descarga alimentadas em alta tensão;
- e) grandes edificações (por exemplo, lojas de departamentos);
- f) laboratórios elétricos e instalações de pesquisa;
- g) salas de caldeiras;
- h) grandes cozinhas (industriais e comerciais).

5.6.5.2 Quando existir risco de choque elétrico, o dispositivo de seccionamento de emergência deve seccionar todos os condutores vivos, observada a prescrição de 5.6.2.2.

5.6.5.3 Os meios de seccionamento de emergência, incluindo a parada de emergência, devem atuar tão diretamente quanto possível sobre os condutores de alimentação adequados. Devem ser dispostos de forma a que uma única ação seccione a alimentação adequada.

5.6.5.4 Os arranjos do sistema de seccionamento de emergência devem ser tais que seu funcionamento não introduza nenhum outro perigo, nem interfira com a operação completa necessária para suprimir o perigo.

5.6.5.5 Devem ser previstos meios de parada de emergência quando os movimentos produzidos por meios elétricos puderem causar perigos.

5.6.5.6 Os dispositivos de seccionamento de emergência, inclusive parada de emergência, devem ser de acesso e identificação rápidos.

5.6.6 Comando funcional

5.6.6.1 Generalidades

5.6.6.1.1 Deve ser previsto um dispositivo de comando funcional em todo elemento de circuito que possa necessitar ser comandado independentemente de outras partes da instalação.

5.6.6.1.2 Os dispositivos de comando funcional não precisam seccionar necessariamente todos os condutores vivos do circuito.

NOTA - Um dispositivo de comando unipolar não deve ser colocado no condutor neutro.

5.6.6.1.3 Em geral, todo equipamento de utilização que necessite de um comando deve ser comandado por um dispositivo de comando funcional apropriado.

NOTA - Um mesmo dispositivo de comando funcional pode comandar vários equipamentos destinados a funcionar simultaneamente.

5.6.6.1.4 As tomadas de corrente podem garantir o comando funcional se sua corrente nominal for igual ou inferior a 16 A.

5.6.6.1.5 Os dispositivos de comando funcional que garantem a permutação de fontes de alimentação devem abranger todos os condutores vivos e não devem poder colocar as fontes em paralelo, a menos que esta condição seja especialmente requerida. Nesses casos, nenhuma disposição deve ser tomada para o seccionamento dos condutores PEN ou de proteção.

5.6.6.2 Circuitos de comando (circuitos auxiliares)

Os circuitos de comando devem ser concebidos, dispostos e protegidos de modo a limitar os perigos resultantes de uma falta entre o circuito de comando e outras partes condutoras susceptíveis de provocar um funcionamento inadequado do equipamento comandado (por exemplo, manobra inadvertida).

NOTA - Em sistemas de comando automático e/ou seqüencial, quando as possíveis conseqüências de uma falha ou falta puderem ser significativas, devem ser tomadas medidas adicionais, tais como técnicas de segurança, dupla proteção, indicação da ocorrência, etc.

5.7 Aplicação das medidas de proteção

5.7.1 Prescrições gerais

5.7.1.1 Devem ser aplicadas medidas de proteção em toda instalação, em parte de uma instalação e a equipamentos, segundo as prescrições desta subseção.

5.7.1.2 Na seleção e aplicação das medidas de proteção em função das condições de influências externas devem ser observadas as prescrições de 5.8.

5.7.1.3 A proteção deve ser assegurada:

- a) pelo próprio equipamento; ou
- b) pela aplicação de medidas de proteção quando do projeto e da execução da instalação; ou
- c) por uma combinação de a) e b).

5.7.1.4 Deve-se assegurar que não haja qualquer influência mútua prejudicial entre diferentes medidas de proteção aplicadas na mesma instalação ou parte de instalação.

5.7.2 Medidas de proteção contra choques elétricos

5.7.2.1 Proteção contra contatos diretos

Todo equipamento elétrico deve ser objeto de uma das medidas de proteção contra contatos diretos descritos em 5.1.1 e 5.1.2.

5.7.2.2 Proteção contra contatos indiretos

NOTA - Certos equipamentos, locais ou utilizações podem requerer medidas de proteção especiais (ver 5.8.1 e seção 9).

5.7.2.2.1 Exceto os casos previstos em 5.7.2.2.2, qualquer equipamento elétrico deve ser objeto de uma das medidas de proteção contra contatos indiretos descritas em 5.1.1 e 5.1.3 e nas condições definidas a seguir:

a) deve ser aplicada, a toda instalação, a proteção por seccionamento automático da alimentação (ver 5.1.3.1), exceto a partes da instalação que forem objeto de uma outra medida de proteção;

b) se a proteção por seccionamento automático da alimentação for impraticável ou indesejável, as prescrições para locais não condutores (ver 5.1.3.3) ou as referentes a ligações eqüipotenciais locais não aterradas (ver 5.1.3.4) podem ser aplicadas a certas partes de uma instalação;

c) as proteções por extrabaixa tensão de segurança (ver 5.1.1.1), pelo emprego de equipamentos de classe II ou isolamento equivalente (ver 5.1.3.2) e por separação elétrica (ver 5.1.3.5), podem ser aplicadas a certas instalações, ou partes de instalações e a certos equipamentos.

5.7.2.2.2 A proteção contra contatos indiretos pode ser omitida para:

a) suportes de isoladores de linha aéreas e partes metálicas associadas (por exemplo, ferragens de linhas aéreas), se não estiverem dentro da zona de alcance normal;

b) postes de concreto reforçado com aço em que o reforço de aço não é acessível;

c) massas que, por suas reduzidas dimensões (aproximadamente até 50 mm x 50 mm) ou por sua disposição, não possam ser agarradas ou estabelecer contato significativo com parte do corpo humano, desde que a ligação a um condutor de proteção seja difícil ou pouco confiável;

NOTA - Isto se aplica, por exemplo, a parafusos, pinos, placas de identificação e grampos de fixação de condutores

d) tubos ou invólucros metálicos que protejam componentes ou equipamentos conforme 5.1.3.2.

5.7.3 Medidas de proteção contra incêndio

Ver 5.8.2.

5.7.4 Medidas de proteção contra sobrecorrentes

NOTA - As prescrições desta subseção não levam em consideração as condições devidas às influências externas. Para a aplicação das medidas de proteção em função das influências externas, ver 5.8.

5.7.4.1 Proteção contra correntes de sobrecarga

5.7.4.1.1 A localização dos dispositivos de proteção contra sobrecarga deve obedecer às prescrições descritas a seguir:

a) um dispositivo que assegure a proteção contra sobrecarga deve ser localizado no ponto em que uma mudança (por exemplo, troca de seção, de natureza, de maneira de instalar ou de constituição) provoque uma redução do valor de capacidade de condução de corrente dos condutores, com exceção dos casos mencionados na alínea b) a seguir e em 5.7.4.1.2;

b) o dispositivo que protege uma linha elétrica contra sobrecargas pode ser colocado ao longo do percurso dessa linha se a parte da linha compreendida entre, de um lado, a troca de seção, de natureza, de maneira de instalar ou de constituição e, do outro lado, o dispositivo de proteção, não possuir qualquer derivação nem tomada de corrente e atender a uma das duas condições seguintes:

- estar protegida contra curtos-circuitos de acordo com as prescrições de 5.3.4;

- seu comprimento não exceder 3 m, ser instalada de modo a reduzir ao mínimo o risco de curto-circuito e não estar situada nas proximidades de materiais combustíveis (ver 5.7.4.2.2-a)).

5.7.4.1.2 Omissão da proteção contra sobrecargas

NOTA - Os diferentes casos enunciados nesta subseção não devem ser aplicados a instalações situadas em locais que apresentem riscos de incêndio ou explosão (condição BE2 ou BE3 - tabela 16), ou quando prescrições particulares de certos locais especificarem condições diferentes.

Admite-se omitir a proteção contra sobrecargas:

a) em uma linha situada a jusante de uma troca de seção, de natureza, de maneira de instalar ou de constituição e efetivamente protegida contra sobrecargas por um dispositivo de proteção localizado a montante;

b) em uma linha que não seja susceptível de ser percorrida por correntes de sobrecarga, desde que essa linha seja protegida contra curtos-circuitos de acordo com as prescrições de 5.3.4 e não possua derivação ou tomada de corrente;

d) nas instalações de comando, sinalização e análogas.

5.7.4.1.3 Deslocamento ou omissão da proteção contra sobrecargas no esquema IT

As possibilidades de deslocar ou omitir o dispositivo de proteção contra sobrecargas previstas em 5.7.4.1.1-b) e 5.7.4.1.2 não são aplicáveis ao esquema IT, a menos que cada circuito não protegido contra sobrecargas seja protegido por um dispositivo de proteção a corrente diferencial-residual, ou que todos os componentes alimentados por tais circuitos, incluindo linhas elétricas, sejam instalados de acordo com a medida de proteção descrita em 5.1.3.2.

5.7.4.1.4 Casos em que é recomendada a omissão da proteção contra sobrecargas por razões de segurança

Recomenda-se omitir o dispositivo de proteção contra sobrecargas nos circuitos que alimentam equipamentos se a abertura inesperada do circuito puder causar perigos. São exemplos de tais casos:

- a) circuitos de excitação de máquinas rotativas;
- b) circuitos de alimentação de eletroímãs para elevação de cargas;
- c) circuitos secundários de transformadores de corrente;
- d) circuitos que alimentam motores de bombas de serviços de incêndio.

NOTA - Nesses casos pode ser útil a presença de dispositivo de sinalização de sobrecargas.

5.7.4.2 Proteção contra curtos-circuitos

5.7.4.2.1 Localização dos dispositivos que assegurem a proteção contra curtos-circuitos

Um dispositivo que assegure a proteção contra curtos-circuitos deve ser localizado no ponto em que uma mudança (por exemplo, troca de seção, de natureza, de maneira de instalar ou de constituição) provoque uma redução do valor da capacidade de condução de corrente dos condutores, com exceção dos casos onde se aplica 5.7.4.2.2 ou 5.7.4.2.3.

5.7.4.2.2 Deslocamento dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos

É permitido localizar os dispositivos de proteção contra curtos-circuitos em um ponto diferente do especificado em 5.7.4.2.1, nas condições indicadas a seguir:

- a) a parte da linha compreendida entre, de um lado, a redução de seção ou outra modificação e, do outro lado, o dispositivo de proteção, atende simultaneamente às três condições seguintes:

- seu comprimento não excede 3 m;
- está instalada de modo a reduzir ao mínimo o risco de curto-circuito. Essa condição pode ser obtida por um reforço das proteções da linha contra influências externas;
- não está localizada nas proximidades de materiais combustíveis;

- b) um dispositivo de proteção situado a montante da redução de seção, ou outra modificação, possui uma característica de instalação tal que protege contra curtos-circuitos, de acordo com a prescrição de 5.3.4.3, a linha situada a jusante.

5.7.4.2.3 Casos em que se pode omitir a proteção contra curtos-circuitos

Admite-se omitir a proteção contra curtos-circuitos nos casos enumerados a seguir, desde que a linha seja instalada de modo a reduzir ao mínimo o risco de curto-

circuito (ver 2ª subalínea de 5.7.4.2.2-a)) e a mesma não se situe nas proximidades de materiais combustíveis:

- a) linhas ligando geradores, transformadores, retificadores, baterias e acumuladores aos quadros de comando correspondentes, estando os dispositivos de proteção localizados nesse quadro;
- b) circuitos cuja abertura possa trazer perigos para a instalação correspondente, tais como os citados em 5.7.4.1.4;
- c) certos circuitos de medição.

5.7.4.3 Proteção de acordo com a natureza dos dispositivos

5.7.4.3.1 A proteção dos condutores fase deve obedecer às prescrições descritas a seguir:

- a) a detecção de sobrecorrentes deve ser prevista em todos os condutores fase e deve provocar o seccionamento de condutor em que a sobrecorrente seja detectada, não precisando, necessariamente, provocar o seccionamento dos outros condutores vivos, com exceção do caso mencionado na alínea b) a seguir;

- b) no esquema TT, nos circuitos alimentados entre fases e nos quais o condutor neutro não seja distribuído, a detecção de sobrecorrente pode ser omitida em um dos condutores fase, desde que sejam simultaneamente cumpridas as seguintes condições:

- que exista, no mesmo circuito ou a montante, uma proteção diferencial que provoque o seccionamento de todos os condutores fase;
- que o condutor neutro não seja distribuído, a partir de um ponto neutro artificial, nos circuitos situados a jusante do dispositivo diferencial citado na subalínea anterior.

NOTA - Se o seccionamento de uma única fase puder causar perigo, por exemplo no caso de motores trifásicos, devem ser tomadas precauções apropriadas.

5.7.4.3.2 Nos esquemas TT ou TN a proteção do condutor neutro deve obedecer às prescrições descritas a seguir:

- a) quando a seção do condutor neutro for pelo menos igual ou equivalente à dos condutores fase, não é necessário prever detecção de sobrecorrente no condutor neutro, nem dispositivo de seccionamento nesse condutor;
- b) quando a seção do condutor neutro for inferior à dos condutores fase, é necessário prever detecção de sobrecorrente no condutor neutro, adequada à seção desse condutor; essa detecção deve provocar o seccionamento dos condutores fase, mas não necessariamente do condutor neutro.

NOTA - No entanto, admite-se omitir a detecção de sobrecorrente, no condutor neutro, se as duas condições seguintes forem simultaneamente atendidas:

- Condição 1: o condutor neutro estiver protegido contra curtos-circuitos pelo dispositivo de proteção dos condutores fase do circuito;

Condição 2: a corrente máxima susceptível de percorrer o condutor neutro em serviço normal for claramente inferior ao valor da capacidade de condução de corrente desse condutor.

Essa segunda condição é satisfeita se a potência transportada for repartida tão uniformemente quanto possível entre as diferentes fases, por exemplo se a soma das potências absorvidas pelos equipamentos de utilização alimentados entre cada fase e o neutro (iluminação e tomadas de corrente) é muito inferior à potência total transportada pelo circuito em questão. A seção do condutor neutro deve ser no mínimo igual ao valor apropriado prescrito em 6.2.5.

5.7.4.3.3 Seccionamento do condutor neutro

Quando o seccionamento do condutor neutro for recomendado, esse condutor não deve ser seccionado antes dos condutores fase, nem restabelecido após os condutores fase.

5.7.5 Medidas de proteção contra sobretensões

As especificações sobre seleção e instalação dos dispositivos de proteção contra sobretensões, incluindo aspectos particulares relativos à compatibilidade eletromagnética entre os diversos elementos, constam em 6.3.5.

5.7.5.1 Para reduzir os riscos de danos devidos a sobretensões, pode ser necessário utilizar dispositivos de proteção contra sobretensões, equipamentos com nível de sobretensão suportável adequado e/ou outros meios de proteção, como blindagem ou aterramento integrado equipotencial.

5.7.5.2 Os dispositivos de proteção contra sobretensões podem ser necessários na origem da instalação, nos pontos de entrada ou saída dos condutores referidos em 5.4.3.1-e), junto aos equipamentos e, eventualmente, também ao longo da linha.

NOTA - Quando os condutores forem providos de proteção metálica, estas devem ser aterradas.

5.7.5.3 Proteção contra contatos acidentais entre condutores vivos de tensões diferentes

5.7.5.3.1 Não é permitido colocar no mesmo conduto condutores de baixa tensão e de alta tensão (potência e sinal) e de alta tensão.

5.7.5.3.2 Os condutores de circuitos de baixa tensão (potência e sinal) podem ser instalados no mesmo conduto, desde que este seja aberto e os cabos isolados para a mesma tensão (ver 6.2.10.2).

5.7.6 Medidas de proteção contra quedas e faltas de tensão

Devem ser previstos dispositivos de proteção contra quedas e faltas de tensão em:

- a) equipamentos que possam ser danificados pela ocorrência de quedas ou faltas de tensão;
- b) equipamentos cuja entrada em serviço, após uma parada devido a queda ou falta de tensão, possa apresentar perigo para pessoas, animais, ou ainda causar danos à instalação;
- c) instalações de edificações em que sejam previstos equipamentos de segurança ou alimentações de reserva; os dispositivos de proteção devem assegurar,

quando for o caso, a entrada em serviço das fontes de segurança ou de reserva e a alimentação dos equipamentos correspondentes quando a tensão for inferior ao limite de funcionamento normal dos equipamentos.

5.7.7 Seccionamento e comando

5.7.7.1 Seccionamento

5.7.7.1.1 Os condutores vivos de toda a instalação devem poder ser seccionados em sua origem.

5.7.7.1.2 De uma forma geral, todo o circuito deve poder ser individualmente seccionado em sua origem; no entanto, é admitido que um conjunto de circuitos seja seccionado por um mesmo dispositivo quando houver conveniência por razões de serviço.

5.7.7.1.3 Nas instalações de maior potência ou nível de segurança, deve ser sempre previsto um dispositivo de seccionamento na origem dos circuitos principais e para grupos de circuitos em locais de mesma natureza.

5.7.7.2 Seccionamento para manutenção mecânica

Devem ser previstos meios de seccionamento para manutenção mecânica, de acordo com 5.6.4, quando esta manutenção puder causar riscos, como, por exemplo, em:

- a) guindastes;
- b) elevadores;
- c) escadas rolantes;
- d) máquinas-ferramenta;
- e) bombas.

5.7.7.3 Seccionamento de emergência

5.7.7.3.1 Devem ser previstos meios de seccionamento de emergência, de acordo com 5.6.5, para toda parte da instalação em que possa ser necessário interromper a alimentação para eliminar um perigo.

5.7.7.3.2 Devem ser previstos meios de parada de emergência, de acordo com 5.6.5, quando os movimentos produzidos por equipamentos alimentados eletricamente puderem causar perigo. Deve ser considerada, em alguns casos, a conveniência do sistema de parada de emergência, além de seccionar a alimentação, também acionar dispositivos de frenagem.

5.7.7.4 Comando funcional

5.7.7.4.1 Devem ser previstos dispositivos de comando funcional, de acordo com 5.6.6, para todas as partes de circuito que possam necessitar de um comando independente das outras partes da instalação.

5.7.7.4.2 Os dispositivos de comando funcional não precisam necessariamente atuar sobre todos os condutores vivos; entretanto, não deve ser colocado no neutro qualquer dispositivo de manobra unipolar.

5.7.7.4.3 Todo equipamento de utilização deve ser comandado por um dispositivo de comando funcional; entretanto, um único dispositivo pode comandar vários equipamentos destinados a funcionar simultaneamente.

5.7.7.4.4 Quando um equipamento possuir um dispositivo de comando incorporado, não é necessário prever-se outro dispositivo de comando funcional para o circuito de alimentação desse equipamento.

5.8 Seleção das medidas de proteção em função das influências externas

5.8.1 Seleção das medidas de proteção contra choques elétricos em função das influências externas

5.8.1.1 Generalidades

5.8.1.1.1 As prescrições de 5.8.1.2 e 5.8.1.3 indicam as medidas de proteção contra choques elétricos, definidas em 5.1, que devem ser aplicadas em função das condições de influências externas determinantes.

NOTAS

1 Na prática, apenas as seguintes condições de influências externas são determinantes para a seleção das medidas de proteção contra choques elétricos:

BA = competência das pessoas (tabela 12);

BB = resistência elétrica do corpo humano (tabela 13); e

BC = contato das pessoas com o potencial local (tabela 15).

2 As outras condições de influências externas praticamente não têm influência sobre a seleção e implementação das medidas de proteção contra choques elétricos, mas são particularmente consideradas no que diz respeito à seleção dos componentes (ver 6.1.3).

5.8.1.1.2 Quando, para uma dada combinação de influências externas, várias medidas de proteção forem admitidas, a seleção da medida apropriada depende das condições locais e da natureza dos equipamentos alimentados.

NOTA - Para instalações ou locais especiais, ver seção 9.

5.8.1.2 Medidas de proteção contra contatos diretos

5.8.1.2.1 As medidas de proteção por isolamento das partes vivas (5.1.2.1) e por meio de barreiras ou invólucros (5.1.2.2) são aplicáveis em todas as condições de influências externas.

5.8.1.2.2 As medidas de proteção parcial por meio de obstáculos (5.1.2.3) ou por colocação fora de alcance (5.1.2.4) são admitidas em locais acessíveis somente a pessoas advertidas (BA4 - tabela 12) ou qualificadas (BA5 - tabela 12) e se as seguintes condições forem satisfeitas:

a) a tensão nominal dos circuitos existentes nestes locais não deve ser superior aos limites da faixa de tensões II (ver anexo A);

b) as prescrições apresentadas em 5.8.1.2.4 e 5.8.1.2.6 devem ser observadas, nos casos em questão; e

c) os locais devem ser sinalizados de forma clara e visível por meio de indicações apropriadas.

5.8.1.2.3 Admite-se omitir as medidas de proteção contra contatos diretos nos locais acessíveis somente a pessoas advertidas (BA4 - tabela 12) ou qualificadas (BA5 - tabela 12) e se as seguintes condições forem simultaneamente satisfeitas:

a) a pessoa BA4 ou BA5 deve estar devidamente instruída com relação às condições do local e às tarefas a serem nele executadas;

b) os locais devem ser sinalizados de forma clara e visível por meio de indicações apropriadas;

c) não deve ser possível ingressar nos locais sem o auxílio ou a liberação de algum dispositivo especial;

d) as portas de acesso aos locais devem permitir a fácil saída das pessoas. A abertura das portas, pelo lado interno dos locais, deve ser possível sem o uso de chaves, mesmo que as portas sejam fechadas a chave do exterior; e

e) as prescrições apresentadas em 5.8.1.2.5 e 5.8.1.2.6 devem ser observadas.

5.8.1.2.4 Quando for provida proteção parcial por meio de obstáculos (conforme 5.1.2.3), as distâncias mínimas a serem observadas nas passagens destinadas à operação e/ou manutenção são aquelas indicadas na tabela 24 e ilustradas na figura 7.

NOTA - Em circunstâncias particulares, pode ser desejável a adoção de valores maiores, visando a segurança.

5.8.1.2.5 Quando nenhuma medida de proteção contra contatos diretos for prevista, as distâncias mínimas a serem observadas nas passagens destinadas à operação e/ou manutenção são aquelas indicadas na tabela 25 e ilustradas nas figuras 8 e 9.

NOTA - Em circunstâncias particulares, pode ser desejável a adoção de valores maiores, visando a segurança.

5.8.1.2.6 As passagens cuja extensão for superior a 20 m devem ser acessíveis nas duas extremidades. Recomenda-se que passagens de serviço menores, mas com comprimento superior a 6 m, também sejam acessíveis nas duas extremidades.

5.8.1.2.7 O emprego de SELV ou PELV é considerado como uma medida de proteção contra os contatos diretos se a tensão do circuito não for superior a:

a) 25 V na situação 1; ou

b) 12 V na situação 2.

NOTAS

1 O emprego de SELV ou PELV não representa medida de proteção contra contatos diretos na situação 3.

2 O emprego de FELV não constitui, em nenhuma hipótese, medida de proteção contra os contatos diretos.

3 As situações 1, 2 e 3 são definidas em 5.8.1.3.1.

Tabela 24 - Distâncias mínimas a serem obedecidas nas passagens destinadas à operação e/ou manutenção quando for assegurada proteção parcial por meio de obstáculos

Situação	Distância
1. Distância entre obstáculos, entre manípulos de dispositivos elétricos (punhos, volantes, alavancas, etc.), entre obstáculos e parede ou entre manípulos e parede	700 mm
2. Altura da passagem sob tela ou painel	2 000 mm

NOTA - As distâncias indicadas são válidas considerando-se todas as partes dos painéis devidamente montadas e fechadas.

Tabela 25 - Distâncias mínimas a serem obedecidas nas passagens destinadas à operação e/ou manutenção desprovidas de proteção contra contatos diretos

Situação	Distância
1. <i>Apenas um dos lados</i> da passagem apresenta partes vivas não protegidas (ver figura 8)	
1.1 largura da passagem entre parede e partes vivas	1 000 mm
1.2 passagem livre defronte manípulos (punhos, volantes, alavancas, etc.) de dispositivos elétricos	700 mm
2. <i>Os dois lados</i> da passagem apresentam partes vivas (ver figura 9)	
2.1 largura da passagem entre partes e/ou condutores vivos de cada lado	
a) passagem destinada exclusivamente à manutenção, prevendo-se que qualquer trabalho de manutenção seja precedido da colocação de barreiras protetoras	1 000 mm
b) passagem destinada exclusivamente à manutenção, não estando previsto que os trabalhos de manutenção sejam precedidos da colocação de barreiras protetoras	1 500 mm
c) passagem destinada tanto à operação quanto à manutenção, prevendo-se que todo trabalho de manutenção seja precedido da colocação de barreiras protetoras	1 200 mm
d) passagem destinada tanto à operação quanto à manutenção, não estando previsto que os trabalhos de manutenção sejam precedidos da colocação de barreiras protetoras	1 500 mm
2.2 passagem livre defronte manipuladores (punhos, volantes, alavancas, etc.) de dispositivos elétricos	
a) passagem destinada à manutenção	900 mm
b) passagem destinada à operação	1 100 mm
3. Altura das partes vivas acima do piso	2 300 mm

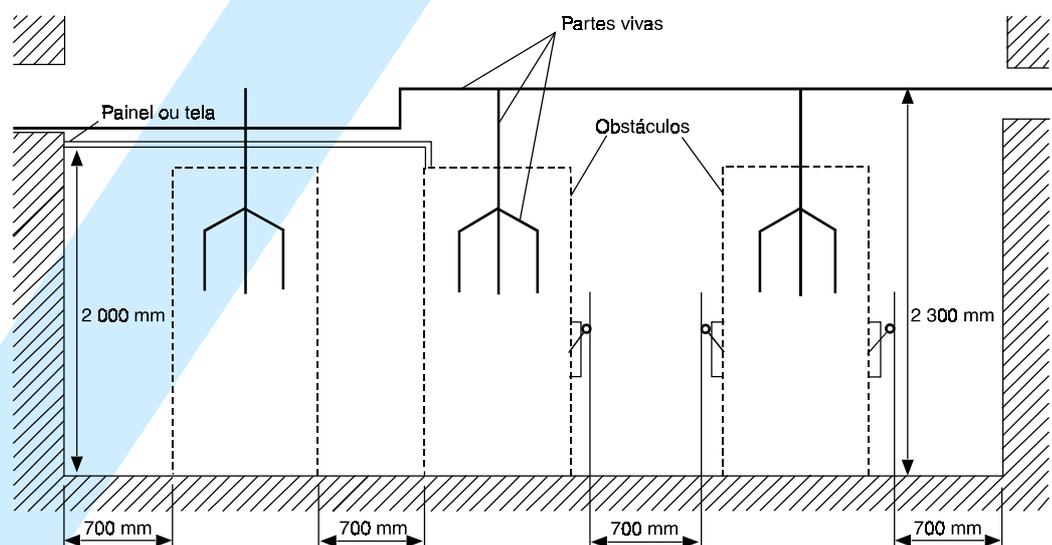


Figura 7 - Passagens com proteção parcial por meio de obstáculos

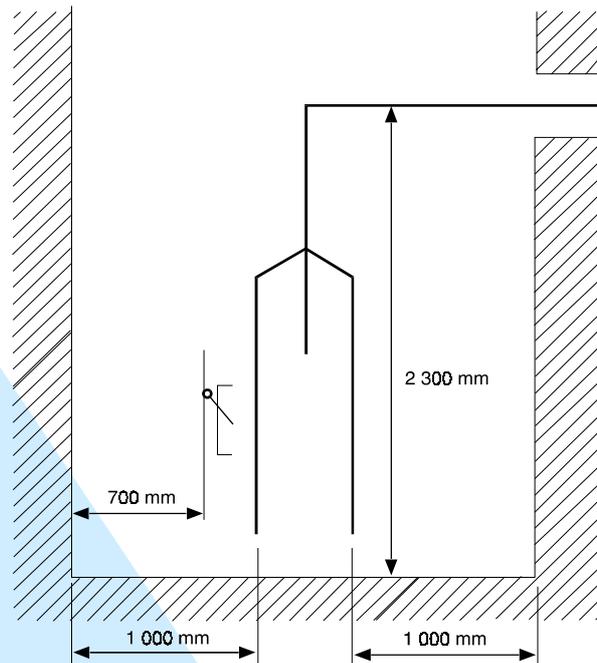
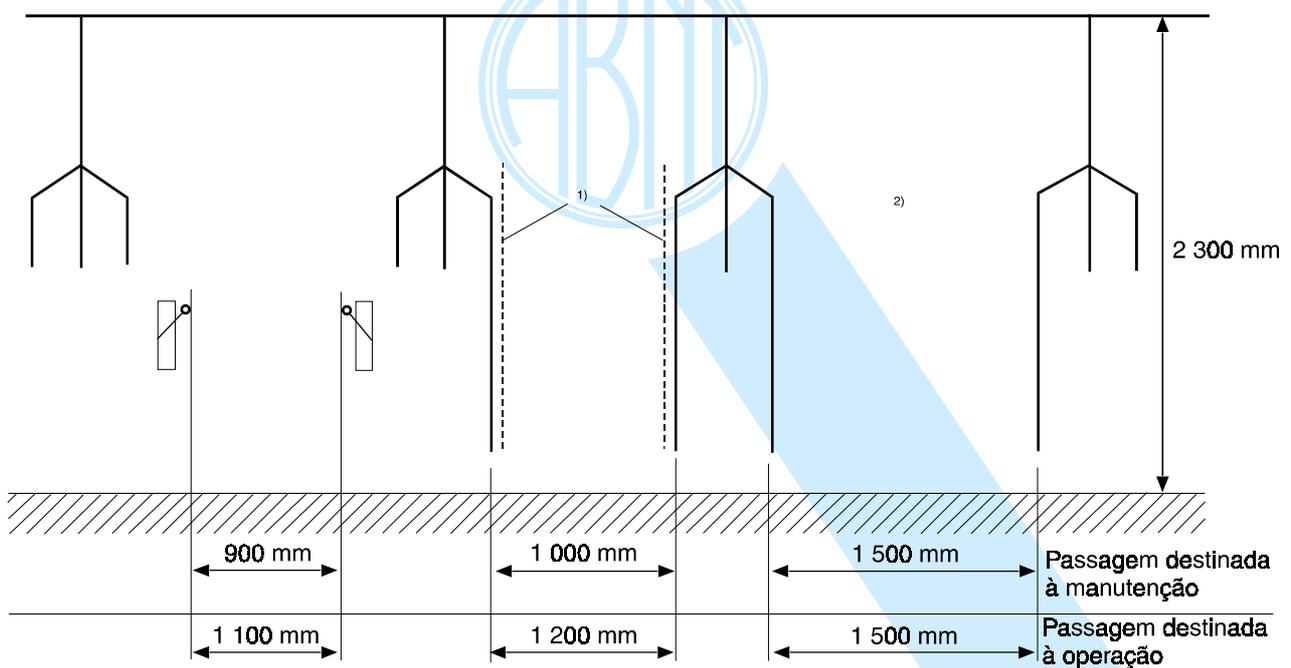


Figura 8 - Passagens sem proteção com partes vivas de um único lado



¹⁾ Caso em que todo trabalho de manutenção é precedido da colocação de barreiras protetoras (ver 2.1-a) e 2.1-c) da tabela 24).

²⁾ Caso em que os trabalhos de manutenção não são precedidos da colocação de barreiras protetoras (ver 2.1-b) e 2.1-d) da tabela 24).

Figura 9 - Passagens sem proteção com partes vivas dos dois lados

5.8.1.3 Medidas de proteção contra contatos indiretos

5.8.1.3.1 Situações 1, 2 e 3

Definem-se, em função da combinação de influências externas BB - tabela 13 e BC - tabela 14, as situações 1, 2 e 3 caracterizadas na tabela 26.

5.8.1.3.2 Proteção por seccionamento automático da alimentação, conforme 5.1.3.1 é aplicável nas situações 1 e 2, obedecidos os valores pertinentes da tensão de contato limite convencional U_L , de acordo com a tabela 19. Todavia, o valor da tensão de contato limite U_L a ser observado na situação 2 pode ser aquele fixado para a situação 1 se pelo menos uma das seguintes medidas de proteção complementares for adotada:

- a) ligação equipotencial suplementar, conforme 5.1.3.1.7. A condição prescrita em 5.1.3.1.7-b) deve ser satisfeita para o valor de U_L referente à situação 2;
- b) emprego de dispositivos a corrente diferencial-residual com corrente diferencial-residual nominal não superior a 30 mA.

NOTA - A proteção por seccionamento automático da alimentação não é aplicável na situação 3.

5.8.1.3.3 A proteção pelo emprego de equipamentos classe II ou por aplicação de isolamento suplementar, conforme 5.1.3.2, é aplicável em todas as situações.

NOTA - É importante, por razões de segurança, que os componentes sejam corretamente selecionados em função da influência externa.

5.8.1.3.4 A adoção das medidas admitidas em locais não condutores restringe-se às condições especificadas em 5.1.3.3.

5.8.1.3.5 A adoção da proteção por ligações equipotenciais locais não aterradas, conforme 5.1.3.4, é admitida apenas na situação 1 e, além disso, restrita às condições BC1 e BC2 - tabela 14.

5.8.1.3.6 A proteção por separação elétrica, conforme 5.1.3.5, é aplicável em todas as situações. Na condição BC4, ela deve ser limitada à alimentação de um único equipamento móvel por transformador.

5.8.1.3.7 O emprego de SELV, conforme 5.1.1.1.4, ou PELV, conforme 5.1.1.1.5, é considerado como uma medida de proteção contra contatos indiretos em todas as situações, sendo que nas situações 2 e 3 a tensão deve ser limitada a 25 V e 12 V, respectivamente.

NOTA - O emprego de FELV requer as medidas de proteção contra contatos indiretos especificadas em 5.1.1.3.3.

5.8.1.3.8 Locais ou situações em que as pessoas podem estar imersas (situação 3) são tratadas nas subseções pertinentes da seção 9.

5.8.2 Proteção contra incêndio

As prescrições desta subseção devem ser respeitadas, além das constantes em 5.2, pelas instalações situadas nos locais em que existam as condições de influências externas indicadas a seguir.

NOTA - O poço (espaço de construção vertical) para efeito desta prescrição é considerado linha elétrica embutida, quando possuir no mínimo grau de proteção IP5X e for acessível somente através do uso de chave ou ferramenta, bem como observar o prescrito em 6.2.9.6.3.

5.8.2.1 Condições de fuga de pessoas em emergências

NOTA - A codificação BD - tabela 15 - dos locais deve ser regulamentada pelas autoridades competentes, normalmente o Poder Público Municipal.

Tabela 26 - Situações 1, 2 e 3

Condição de influência externa	BB2	BB3	BB4
BC1	Situação 1	-	-
BC2	Situação 1	-	-
BC3	Situação 1	Situação 2	Situação 3
BC4	Situação 2	Situação 2	Situação 3

NOTAS

1 Alguns exemplos da situação 2:

- áreas externas (jardins, feiras, etc.);
- canteiros de obras;
- estabelecimentos agropecuários;
- áreas de acampamento (*campings*) e de estacionamento de veículos especiais e reboques (*trailers*);
- locais ou dependências situados fora da zona de influência da ligação equipotencial principal dos edifícios;
- volume 1 de banheiros e piscinas (ver 9.1 e 9.2);
- compartimentos condutores;
- dependências interiores molhadas em uso normal.

2 Na prática, a situação 3 refere-se principalmente ao volume 0 (zero) de banheiros e piscinas (ver 9.1 e 9.2).

5.8.2.1.1 Nos locais BD2, BD3 e BD4, conforme a tabela 15, as linhas elétricas aparentes devem atender a uma das seguintes condições:

- a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, ou constituídas por condutos abertos, os cabos deverão ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos;
- b) no caso de linhas em condutos fechados, estes deverão ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

5.8.2.1.2 Nos locais BD3 e BD4, conforme a tabela 15, e nas saídas de emergência, o uso de componentes elétricos contendo líquidos inflamáveis não é permitido.

NOTA - Os capacitores auxiliares individuais incorporados aos equipamentos não estão submetidos a esta prescrição. Isto diz respeito principalmente às lâmpadas de descarga e aos capacitores de partida de motores.

5.8.2.2 Natureza dos materiais processados ou armazenados (condição BE2, conforme 4.3.2.5)

NOTAS

1 As quantidades de materiais inflamáveis, as superfícies ou os volumes desses locais devem ser regulamentados pela autoridade competente.

2 Para o caso de riscos de explosão, ver IEC 79-0.

5.8.2.2.1 Os equipamentos elétricos devem ser limitados aos necessários ao uso desses locais, com exceção das linhas elétricas nas condições de 5.8.2.2.6.

5.8.2.2.2 Quando for possível que poeiras se depositem em quantidade suficiente para causar risco de incêndio em invólucros de componentes elétricos, devem ser tomadas precauções para impedir que esses invólucros atinjam temperaturas excessivas.

5.8.2.2.3 Os componentes elétricos devem ser selecionados e instalados de modo tal que seu aquecimento normal ou previsível em caso de falta não possa provocar um incêndio. As medidas a tomar podem estar relacionadas com a construção ou com a instalação dos componentes. Quando a temperatura das superfícies dos componentes não for susceptível de provocar a combustão de materiais situados nas proximidades, nenhuma medida é necessária.

5.8.2.2.4 Os dispositivos de proteção, comando e seccionamento devem ser localizados fora dos locais que apresentem condições BE2, a menos que eles estejam contidos em invólucros que apresentem um grau de proteção adequado ao local, no mínimo IP4X.

5.8.2.2.5 Nos locais BE2, as linhas elétricas embutidas ou aparentes devem ter suas conexões contidas em invólucros resistentes ao fogo.

5.8.2.2.6 Nos locais BE2, as linhas elétricas embutidas devem estar envolvidas por material incombustível. As

linhas aparentes devem atender a uma das seguintes condições:

- a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, os cabos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos;
- b) no caso de linhas constituídas por condutos abertos, os cabos e os condutos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos;
- c) no caso de linhas em condutos fechados, estes devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

5.8.2.2.7 Nas instalações de aquecimento a ar forçado, a tomada de ar deve ser feita fora dos locais onde existam poeiras combustíveis. A temperatura de saída do ar não deve ser capaz de provocar um incêndio no local.

5.8.2.2.8 Os motores, que não os servomotores de serviço leve, comandados automaticamente ou à distância, ou que não sejam continuamente supervisionados, devem ser protegidos contra aquecimentos excessivos por dispositivos sensíveis à temperatura.

5.8.2.2.9 As luminárias devem ser adequadas aos locais e contidas em invólucros que apresentem no mínimo grau de proteção IP4X. As lâmpadas e os elementos da luminária devem ser adequadamente protegidos nos locais onde possam ocorrer danos mecânicos, através de coberturas suficientemente robustas (por exemplo, telas ou bacias de plástico ou vidro resistentes a choques mecânicos). Tais proteções não devem ser fixadas aos receptáculos das lâmpadas, a menos que isso seja previsto por construção.

5.8.2.2.10 Quando for necessário limitar as conseqüências da circulação de correntes de falta nas linhas, sob o ponto de vista dos riscos de incêndio, o circuito correspondente deve ser:

- a) protegido por um dispositivo a corrente diferencial-residual (dispositivo DR) com corrente diferencial-residual nominal de atuação de no máximo 500 mA; ou
- b) ser supervisionado por um dispositivo supervisor de isolamento que acione um sinal sonoro ou visual quando do surgimento de uma falta.

NOTA - Um condutor nu de supervisão, que pode ser um condutor de proteção, pode ser incorporado à linha do circuito correspondente, a menos que a linha possua um invólucro metálico ligado ao condutor de proteção.

5.8.2.2.11 Os circuitos que alimentem ou atravessem locais BE2 devem ser protegidos contra sobrecargas e contra curtos-circuitos por dispositivos de proteção situados a montante desses locais.

5.8.2.2.12 Não obstante 5.1.1.1.3, nos circuitos a extra-baixa tensão separada (SELV, PELV e Felv), as partes vivas devem ser:

- a) contidas em invólucros com grau de proteção IP2X; ou
- b) providas de isolação que possa suportar uma tensão de ensaio de 500 V durante 1 min, qualquer que seja a tensão nominal do circuito.

5.8.2.2.13 Os condutores PEN não são admitidos nos locais BE2, exceto para circuitos que apenas atravessem o local.

5.8.2.3 Construções combustíveis (condição CA2, conforme 4.3.3.1)

5.8.2.3.1 Devem ser tomadas precauções para que os componentes elétricos não possam provocar a combustão de paredes, tetos e pisos. Em particular, as linhas elétricas embutidas deverão estar envolvidas por material incombustível. As linhas aparentes devem atender a uma das seguintes condições:

- a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, os cabos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos;
- b) no caso de linhas constituídas por condutos abertos, os cabos e os condutos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos;
- c) no caso de linhas em condutos fechados, estes devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

5.8.2.4 Estruturas que facilitem a propagação de incêndio (condição CB2, conforme 4.3.3.2)

5.8.2.4.1 Nas estruturas cuja forma e dimensão facilitem a propagação de incêndio, devem ser tomadas precauções para assegurar que as instalações elétricas não possam propagar incêndios (por exemplo, efeito de chaminé). Em particular, as linhas elétricas embutidas devem estar envolvidas por material incombustível. As linhas aparentes devem atender a uma das seguintes condições:

- a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, os cabos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos;
- b) no caso de linhas constituídas por condutos abertos, os cabos e os condutos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos;
- c) no caso de linhas em condutos fechados, estes devem ser resistentes ao fogo sob condições simu-

ladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

6 Seleção e instalação dos componentes

6.1 Prescrições comuns a todos os componentes da instalação

6.1.1 Generalidades

6.1.1.1 A escolha do componente e sua instalação devem permitir que sejam obedecidas as medidas de proteção para garantir a segurança, as prescrições para garantir um funcionamento adequado ao uso da instalação e as prescrições apropriadas às condições de influência externas previsíveis.

6.1.1.2 Os componentes devem ser selecionados e instalados de forma a satisfazer às prescrições enunciadas nesta seção, bem como às prescrições aplicáveis das outras seções desta Norma.

6.1.2 Conformidade com as normas

6.1.2.1 Os componentes da instalação devem satisfazer às normas brasileiras que lhes sejam aplicáveis e, na falta destas, às normas IEC e ISO.

6.1.2.2 Na falta de normas brasileiras, IEC e ISO, os componentes devem ser selecionados através de acordo especial entre o projetista e o instalador.

6.1.3 Condições de serviço e influências externas

6.1.3.1 Condições de serviço

6.1.3.1.1 Tensão

Os componentes devem ser adequados à tensão nominal (valor eficaz em corrente alternada) da instalação. Se, em uma instalação que utiliza o esquema IT, o condutor neutro for distribuído, os componentes ligados entre uma fase e o neutro devem ser isolados para a tensão entre fases.

NOTA - Para certos componentes pode ser necessário considerar a tensão mais elevada ou a mais baixa que possa ocorrer em regime normal.

6.1.3.1.2 Corrente

Os componentes devem ser escolhidos considerando-se a corrente de projeto (valor eficaz em corrente alternada) que possa percorrê-los em serviço normal. Deve-se igualmente considerar a corrente susceptível de percorrê-los em condições anormais, levando-se em conta a duração da passagem de uma tal corrente, em função das características de funcionamento dos dispositivos de proteção.

6.1.3.1.3 Frequência

Se a frequência tiver influência sobre as características dos componentes, a frequência nominal do componente deve corresponder à frequência da corrente no circuito pertinente.

6.1.3.1.4 Potência

Os componentes escolhidos segundo suas características de potência devem ser adequados às condições normais de serviço, considerando os regimes de carga que possam ocorrer.

6.1.3.1.5 Compatibilidade

A menos que sejam tomadas medidas adequadas quando da instalação, os componentes devem ser escolhidos de modo a não causar, em serviço normal, efeitos prejudiciais, quer aos demais componentes, quer à rede de ali-

mentação, incluindo condições de manobra. Cuidados específicos devem ser observados no caso do emprego de condutores de alumínio.

6.1.3.2 Influências externas

6.1.3.2.1 Os componentes devem ser selecionados e instalados de acordo com as prescrições da tabela 27. Essa tabela indica as características dos componentes em função das influências externas a que podem ser submetidos e que são definidas em 4.3. As características dos componentes são determinadas, seja por um grau de proteção, seja por conformidade com ensaios.

Tabela 27 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
A - Condições ambientais (4.3.1)		
AA	Temperatura ambiente (4.3.1.1)	Componentes especialmente projetados ou disposições apropriadas ¹⁾ Normal (em certos casos podem ser necessários precauções especiais) Normal Componentes especialmente projetados ou disposições apropriadas ¹⁾
AA1	- 60°C + 5°C	
AA2	- 40°C + 5°C	
AA3	- 25°C + 5°C	
AA4	- 5°C + 40°C	
AA5	- 5°C + 40°C	
AA6	+ 5°C + 60°C	
AC	Altitude (4.3.1.2)	Normal Podem ser necessárias precauções especiais, tais como a aplicação de fatores de correção NOTA - Para certas categorias de componentes, podem ser necessárias medidas especiais a partir de 1 000 m
AC1	≤ 2 000 m	
AC2	2 000 m	
AD	Presença de água (4.3.1.3)	IPX0 IPX1 IPX3 IPX4 IPX5 IPX6 IPX7 IPX8
AD1	Desprezível	
AD2	Quedas de gotas de água	
AD3	Aspersão de água	
AD4	Projeção de água	
AD5	Jatos de água	
AD6	Ondas	
AD7	Imersão	
AD8	Submersão	
AE	Presença de corpos sólidos (4.3.1.4)	IP0X } IP3X } Ver também 5.1.2 IP4X } IP5X se as poeiras puderem penetrar sem prejudicar o funcionamento do componente IP6X se as poeiras não devem penetrar no componente
AE1	Desprezível	
AE2	Objetos pequenos (2,5 mm)	
AE3	Objetos muito pequenos (1 mm)	
AE4	Poeira	

Tabela 27 (continuação)

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
A - Condições ambientais (4.3.1)		
AF	Presença de substâncias corrosivas ou poluentes (4.3.1.5)	
AF1	Desprezível	Normal
AF2	Agentes atmosféricos	De acordo com a natureza dos agentes
AF3	Intermitente	Proteção contra corrosão definida pelas especificações dos componentes
AF4	Permanente	Componentes especialmente projetados de acordo com a natureza dos agentes
AG	Choques mecânicos (4.3.1.6)	
AG1	Fracos	Normal. Por exemplo, componentes para uso doméstico ou análogo
AG2	Médios	Componentes para uso industrial, quando aplicável, ou proteção reforçada
AG3	Significativos	Proteção reforçada
AG4	Muito significativos	Proteção muito reforçada
AH	Vibrações (4.3.1.6)	
AH1	Fracas	Normal
AH2	Média	Componentes especialmente projetados ou disposições especiais
AH3	Significativas	
AK	Presença de flora ou mofo (4.3.1.7)	
AK1	Desprezível	Normal
AK2	Riscos	Proteções especiais, tais como: <ul style="list-style-type: none"> - grau de proteção aumentado (ver AE) - componentes especiais ou revestimentos protegendo os invólucros - disposições para evitar a presença de flora
AL	Presença de fauna (4.3.1.8)	
AL1	Desprezível	Normal
AL2	Riscos	A proteção pode compreender: <ul style="list-style-type: none"> - um grau de proteção adequado contra a penetração de corpos sólidos (ver AE) - uma resistência mecânica suficiente (ver AG) - precauções para evitar a presença de fauna (como limpeza, uso de pesticidas) - componentes especiais ou revestimentos protegendo os invólucros
AM	Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes (4.3.1.9)	
AM1	Desprezível	Normal
AM2	Correntes parasitas	Proteções especiais, tais como: <ul style="list-style-type: none"> - isolamento adequada - revestimentos protetores especiais - proteção catódica - equipotencialidade suplementar

Tabela 27 (continuação)

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
A - Condições ambientais (4.3.1)		
AM3	Eletromagnéticas } Ionizantes } Eletrostáticas }	Proteções especiais, tais como: - distanciamento das fontes de radiação - interposição de telas protetoras - invólucros especiais
AM4		Proteções especiais, tais como: - isolamento apropriada do local - equipotencialidade suplementar
AM5		
AM6	Induções	Proteção especiais, tais como: - distanciamento das fontes de corrente induzida - interposição de telas protetoras
AN	Radiações solares (4.3.1.10)	Normal Disposições especiais, tais como: - materiais resistentes à radiação ultravioleta - revestimentos de cores especiais - interposição de telas protetoras
AN1	Desprezíveis	
NA2	Significativas	
AP	Efeitos sísmicos	Não considerados para o Brasil
AQ	Raios (4.3.1.11)	Normal Ainda não normalizado Ainda não normalizado
AQ1	Desprezíveis	
AQ2	Indireto	
AQ3	Direto	
B - Utilizações (4.3.2)		
BA	Competência de pessoas (4.3.2.1)	Normal Componente com grau de proteção superior a IP2X. Inaccessibilidade a componentes nos quais as temperaturas de superfície acessível sejam superiores a 80°C (60°C para as creches e locais análogos) De acordo com a natureza da deficiência Componentes não protegidos contra contatos diretos, admitidos apenas nos locais que só sejam acessíveis a pessoas devidamente autorizadas
BA1	Comuns	
BA2	Crianças	
BA3	Incapacitados	
BA4	Advertidas } Qualificadas }	
BA5		
BB	Resistência elétrica do corpo humano (4.3.2.2)	Normal Medidas de proteção apropriadas (ver 5.8.1)
BB1	Elevada } Normal }	
BB2		
BB3	Fraca } Muito fraca }	
BB4		

Tabela 27 (conclusão)

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes																				
B - Utilizações (4.3.2)																						
BC	Contatos de pessoas com o potencial de terra (4.3.2.3)	Classes de componentes de acordo com a NBR 6151																				
BC1	Nulos	<table border="1"> <thead> <tr> <th>0</th> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>Y</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>A</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>A</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table> <p>A = Admitidos X = Não admitidos Y = Admitidos se usados com classe 0</p>	0	I	II	III	A	Y	A	A	A	A	A	A	X	A	A	A	X	X	A	A
0	I		II	III																		
A	Y		A	A																		
A	A		A	A																		
X	A	A	A																			
X	X	A	A																			
BC2	Fracos																					
BC3	Freqüentes																					
BC4	Contínuos																					
BD	Fuga das pessoas em emergência (4.3.2.4)	Normal																				
BD1	Normal																					
BD2	Longa																					
BD3	Incômoda																					
BD4	Longa e incômoda																					
BE	Natureza dos materiais processados ou armazenados (4.3.2.5)	Componentes constituídos de materiais não propagantes de chama e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos																				
BE1	Riscos desprezíveis																					
BE2	Riscos de incêndio																					
BE3	Riscos de explosão																					
BE4	Riscos de contaminação																					
C - Construção de edificações (4.3.3)																						
CA	Materiais de construção (4.3.3.1)	Normal																				
CA1	Não combustíveis																					
CA2	Combustíveis																					
CB	Estrutura das edificações (4.3.3.2)	Ainda não normalizado																				
CB1	Riscos desprezíveis																					
CB2	Propagação de incêndio																					
CB3	Movimentos																					
¹⁾ Podem ser necessárias certas precauções suplementares (por exemplo, lubrificação especial).																						

6.1.3.2.2 Quando um componente não possuir, por construção, as características correspondentes às influências externas do local, ele poderá ser utilizado sob a condição de que seja provido, por ocasião da execução da instalação, de uma proteção complementar apropriada. Esta proteção não pode afetar as condições de funcionamento do componente protegido.

6.1.3.2.3 Quando diferentes influências externas se produzirem simultaneamente, seus efeitos podem ser independentes ou influenciar-se mutuamente e os graus de proteção devem ser escolhidos de acordo.

6.1.3.2.4 A escolha das características dos componentes em função das influências externas é necessária não somente para seu funcionamento correto, mas também para garantir a confiabilidade das medidas de proteção, em conformidade com as prescrições de 5.1 a 5.6. As medidas de proteção associadas à construção dos componentes são válidas apenas para as condições de influências externas dadas se os correspondentes ensaios previstos nas normas dos componentes forem prescritos para aquelas condições.

NOTAS

1 Para efeito desta Norma, são considerados como "normais" as seguintes classes de influências externas:

- AA (temperatura ambiente): AA4;
- AB (umidade atmosférica): ainda não normalizada;
- outras condições ambientais (AC a AR): XX1 de cada parâmetro;
- condições de utilização e de construção das edificações (B e C): XX1 para todos os parâmetros, exceto XX2 para o parâmetro BC.

2 A palavra "normal" que figura na terceira coluna da tabela 27 significa que o componente deve satisfazer, de modo geral, às normas brasileiras aplicáveis (ou, na sua falta, às normas IEC e ISO).

6.1.4 Acessibilidade

Os componentes, inclusive as linhas elétricas, devem ser dispostos de modo a facilitar sua operação, sua inspeção, sua manutenção e o acesso às suas conexões. Tais possibilidades não devem ser significativamente reduzidas pela montagem de equipamentos nos invólucros ou compartimentos.

6.1.5 Identificação dos componentes

6.1.5.1 Generalidades

As placas indicativas ou outros meios adequados de identificação devem permitir identificar a finalidade dos dispositivos de comando e proteção, a menos que não exista qualquer possibilidade de confusão. Se o funcionamento de um dispositivo de comando e proteção não puder ser observado pelo operador e disso puder resultar perigo, uma placa indicativa, ou um dispositivo de sinalização, deve ser colocado em local visível ao operador.

6.1.5.2 Linhas elétricas

As linhas elétricas devem ser dispostas ou marcadas de modo a permitir sua identificação, quando da realização de verificações, ensaios, reparos ou modificações da instalação.

6.1.5.3 Condutores

6.1.5.3.1 Qualquer condutor isolado, cabo unipolar, ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor neutro deve ser identificado conforme essa função. Em caso de identificação por cor, deve usada a cor azul-clara na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar.

NOTA - A veia com isolação azul-clara de um cabo multipolar pode ser usada para outras funções, que não a de condutor de proteção, se o circuito não possuir condutor neutro ou se o cabo possuir um condutor periférico utilizado como neutro.

6.1.5.3.2 Qualquer condutor isolado, cabo unipolar, ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor de proteção (PE) deve ser identificado de acordo com essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a dupla coloração verde-amarela (cores exclusivas da função de proteção), na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar.

NOTA - Na falta da dupla coloração verde-amarela, admite-se, provisoriamente, o uso da cor verde.

6.1.5.3.3 Qualquer 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 anilha verde-amarela nos pontos visíveis ou acessíveis, na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar.

6.1.5.3.4 Qualquer condutor isolado, cabo unipolar, ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor de fase deve ser identificado de acordo com essa função. Em caso de identificação por cor, poderá ser usada qualquer cor, observadas as restrições estabelecidas em 6.1.5.3.1, 6.1.5.3.2 e 6.1.5.3.3.

NOTA - Por razões de segurança, não deve ser usada a cor da isolação exclusivamente amarela, onde existir o risco de confusão com a dupla coloração verde-amarela, cores exclusivas do condutor de proteção.

6.1.5.4 Dispositivo de proteção

Os dispositivos de proteção devem estar dispostos e identificados de forma que seja fácil reconhecer os respectivos circuitos protegidos.

6.1.6 Independência dos componentes

6.1.6.1 Os componentes devem ser escolhidos e dispostos de modo a impedir qualquer influência prejudicial entre as instalações elétricas e as instalações não elétricas.

6.1.6.2 Quando componentes percorridos por correntes de natureza ou tensões diferentes estiverem agrupados em um mesmo conjunto (quadro de distribuição, painel mesa

de comando, etc.), todos os componentes que pertençam a um mesmo gênero de corrente ou a uma mesma tensão devem ser agrupados e efetivamente separados na medida necessária para evitar qualquer influência mútua prejudicial. Além disso, devem ser claramente identificados.

6.1.7 Documentação da instalação

6.1.7.1 A instalação deverá ser executada a partir de projeto específico, que deverá conter, no mínimo:

- a) plantas;
- b) esquemas (unifilares e outros que se façam necessários);
- c) detalhes de montagem, quando necessários;
- d) memorial descritivo;
- e) especificação dos componentes: descrição sucinta do componente, características nominais e norma(s) a que devem atender.

6.1.7.2 Após concluída a instalação, a documentação indicada em 6.1.7.1 deverá ser revisada de acordo com o que foi executado (projeto “como construído”).

6.1.7.3 Para os locais utilizados predominantemente por pessoal BA1- tabela 12, onde não haja a presença permanente de pessoal BA4 ou BA5, conforme a tabela 12, deverá ser elaborado um manual do usuário que contenha, no mínimo, em linguagem acessível a pessoal BA1, os seguintes elementos:

- a) esquema(s) do(s) quadro(s) de distribuição com indicação e finalidade dos circuitos terminais e dos pontos alimentados;
- b) potências máximas que podem ser ligadas em cada circuito terminal existente;
- c) potências máximas previstas nos eventuais circuitos terminais de reserva;
- d) recomendação explícita para que não sejam trocados, por tipos com características diferentes, os dispositivos de proteção existentes no(s) quadro(s).

NOTA - São exemplos destes locais as unidades residenciais, pequenos estabelecimentos comerciais, etc.

6.2 Seleção e instalação das linhas elétricas

6.2.1. Generalidades

6.2.1.1 Na seleção e instalação de linhas elétricas deve ser considerada a aplicação de 1.3 aos condutores, suas terminações e/ou emendas, aos suportes e suspensões a eles associados e aos seus invólucros ou métodos de proteção contra influências externas.

6.2.1.2 As prescrições a seguir são aplicáveis, em particular, aos condutores vivos (fases e neutro, no caso de circuitos em corrente alternada). Sobre condutores de proteção, ver 6.4.3.

6.2.2 Tipos de linhas elétricas

6.2.2.1 Os tipos de linhas elétricas estão indicados na tabela 28.

NOTA - A numeração dos tipos de linhas elétricas corresponde à da IEC 364-5-523.

6.2.2.2 Outros tipos de linhas elétricas, além dos constantes na tabela 28, podem ser utilizados, desde que atendam às prescrições gerais desta seção.

6.2.3 Condutores

6.2.3.1 Os condutores utilizados nas linhas elétricas deverão ser de cobre ou alumínio.

NOTA - No caso do uso de condutores de alumínio, deverão ser atendidas as prescrições de 6.2.3.7.

6.2.3.2 Todos os condutores deverão ser providos, no mínimo, de isolamento, a não ser quando o uso de condutores nus ou providos apenas de cobertura for expressamente permitido.

6.2.3.3 Os condutores isolados com isolamento em XLPE de acordo com a NBR 7285, tendo em vista a maior espessura da isolamento, devem ser considerados como cabos unipolares.

6.2.3.4 Os cabos multiplexados (exceto os auto-sustentados), para efeito de aplicação desta Norma, devem ser considerados como cabos multipolares.

6.2.3.5 Os condutores isolados de cobre com isolamento em PVC, nas maneiras de instalar mencionadas na tabela 28, deverão ser resistentes à chama sob condições simuladas de incêndio (tipo BWF) segundo a NBR 6148.

6.2.3.6 As linhas pré-fabricadas devem atender às normas específicas, ser instaladas de acordo com as instruções do fabricante e atender às prescrições de 6.2.3, 6.2.8, 6.2.9 e 6.2.10.

NOTA - Os barramentos blindados (*busbar trunking systems* ou *busways*) devem atender à IEC 439-2 e à NF C 63-010 e o sistema *undercarpet* ao NEC art. 328.

6.2.3.7 O uso de condutores de alumínio só é admitido nas condições estabelecidas em 6.2.3.7.1 a 6.2.3.7.3.

NOTA - As restrições impostas ao uso de condutores de alumínio refletem o estado atual da técnica de conexões no Brasil. Soluções técnicas de conexões que atendam a NBR 9513, a NBR 9313 e a NBR 9326 e que alterem aquelas restrições serão consideradas em norma complementar e futuramente incorporadas a esta Norma.

6.2.3.7.1 Em instalações de estabelecimentos industriais, podem ser utilizados condutores de alumínio, desde que sejam obedecidas simultaneamente as seguintes condições:

- a) a seção nominal dos condutores seja igual ou superior a 16 mm²;
- b) a instalação seja alimentada diretamente por subestação de transformação ou transformador, a partir de uma rede de alta tensão ou que possua fonte própria.

c) a instalação e a manutenção sejam realizadas por pessoas qualificadas (BA5 - tabela 12).

6.2.3.7.2 Em instalações de estabelecimentos comerciais, podem ser utilizados condutores de alumínio, desde que sejam obedecidas simultaneamente as seguintes condições:

a) a seção nominal dos condutores seja igual ou superior a 50 mm²;

b) os locais sejam exclusivamente BD1 - tabela 15;

c) a instalação e a manutenção sejam realizadas por pessoas qualificadas (BA5 - tabela 12).

6.2.3.7.3 Em locais BD4 - tabela 15 - não é permitido, em nenhuma circunstância, o emprego de condutores de alumínio.

Tabela 28 - Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência a 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 da mesma ³⁾	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado da mesma 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 afastado da mesma ⁴⁾	C

Tabela 28 (continuação)

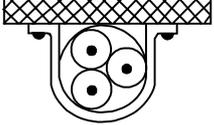
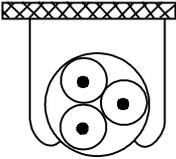
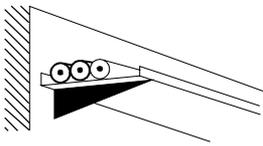
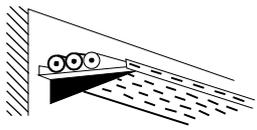
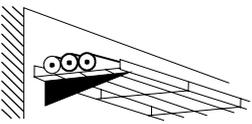
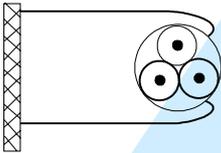
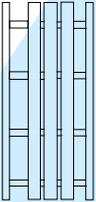
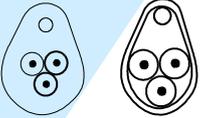
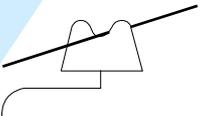
Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência a utilizar para a capacidade de condução de corrente ¹⁾
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar no teto ⁴⁾	C
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto ⁴⁾	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não perfurada 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 ou tela	E (multipolar) F (unipolares)
15		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede ⁵⁾	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

Tabela 28 (continuação)

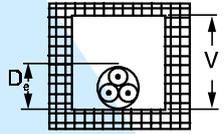
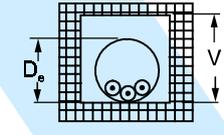
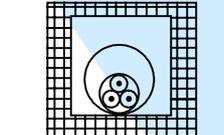
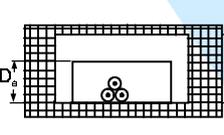
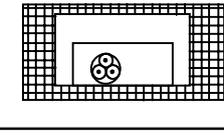
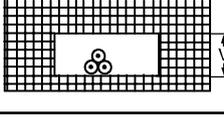
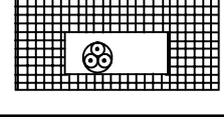
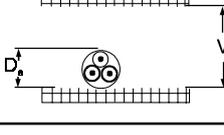
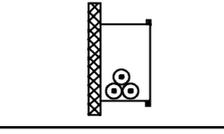
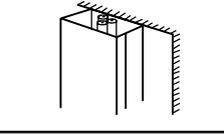
Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência a utilizar para a capacidade de condução de corrente ¹⁾
21		Cabos unipolares ou cabo multipolar em espaço de construção ⁶⁾	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1
22		Condutores isolados em eletroduto de seção 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 construção ⁶⁾	B2
24		Condutores isolados em eletroduto de seção não circular 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 não circular em espaço de construção ⁶⁾	B2
26		Condutores isolados em eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria ⁶⁾	$1,5 \leq V < 5 D_e$ 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⁾ B2	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1
31		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B1
32			B1

Tabela 28 (continuação)

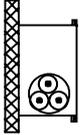
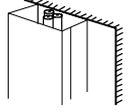
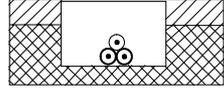
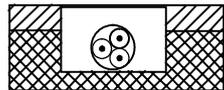
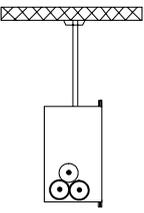
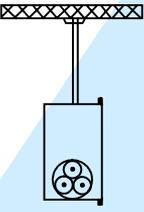
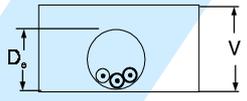
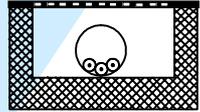
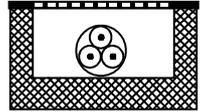
Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência a utilizar para a capacidade de condução de corrente ¹⁾
31A		Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B2
32A			B2
33		Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada encaixada 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 suspenso(o)	B1
36		Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspenso(o)	B2
41		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ 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

Tabela 28 (continuação)

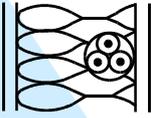
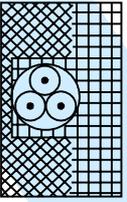
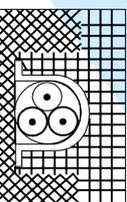
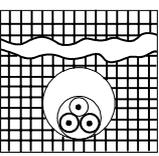
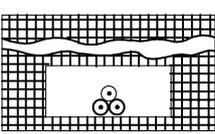
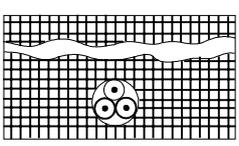
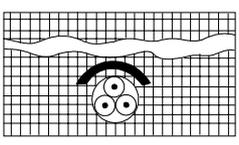
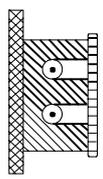
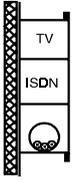
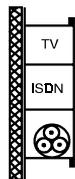
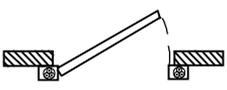
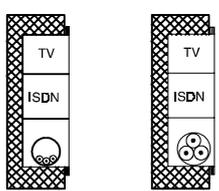
Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência a utilizar para a capacidade de condução de corrente ¹⁾
51		Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante	A1
52		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional	C
53		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica adicional	C
61		Cabo multipolar em eletroduto enterrado ou em canaleta não ventilada no solo	D
61A		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto enterrado ou em canaleta não ventilada no solo	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

Tabela 28 (conclusão)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência a utilizar para a capacidade de condução de corrente ¹⁾
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		Cabo multipolar em canaleta embutida em parede	B2

¹⁾ Ver 6.2.5.1.2.

²⁾ O revestimento interno da parede possui condutância térmica de no mínimo 10 W/m².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 ou 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.

6.2.4 Seleção e instalação em função das influências externas

NOTA - As prescrições relativas à seleção e instalação das linhas são apresentadas na tabela 29, consideradas as influências externas indicadas em 4.3.

6.2.5 Capacidades de condução de corrente

6.2.5.1 Introdução

6.2.5.1.1 As prescrições desta subseção são destinadas a garantir uma vida satisfatória aos condutores e suas isolações, submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela

circulação de correntes de valores iguais às capacidades de condução de corrente respectivas, durante períodos prolongados em serviço normal. Outras considerações intervêm na determinação da seção dos condutores, tais como as prescrições para a proteção contra choques elétricos (ver 5.1), a proteção contra efeitos térmicos (ver 5.2), a proteção contra sobrecorrentes (ver 5.3), a queda de tensão (ver 6.2.7), bem como as temperaturas limites para os terminais de equipamentos aos quais os condutores sejam ligados.

NOTA - São considerados nesta subseção apenas os cabos não armados cuja tensão nominal não seja superior a 0,6/1 kV.

Tabela 29 - Seleção e instalação de linhas elétricas em função das influências externas

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
A - Condições ambientais (4.3.1)		
AA = Temperatura ambiente (4.3.1.1)		
AA1	- 60°C + 5°C	Para temperaturas inferiores a -10°C, os condutores ou cabos com isolamento e/ou cobertura de PVC, bem como os condutos de PVC, não devem ser manipulados nem submetidos a esforços mecânicos, posto que o PVC pode tornar-se quebradiço
AA2	- 40°C + 5°C	
AA3	- 25°C + 5°C	
AA4	- 5°C + 40°C	Quando a temperatura ambiente (ou do solo) for superior aos valores de referência (20°C para linhas subterrâneas e 30°C para as demais), as capacidades de condução de corrente dos condutores e cabos isolados devem ser reduzidas de acordo com 6.2.4.3.3
AA5	+ 5°C + 40°C	
AA6	+ 5°C + 60°C	
AB = Umidade do ar (ainda não normalizado)		
AC = Altitude (4.3.1.2) (sem influência)		
AD = Presença de água (4.3.1.3)		
AD1	Desprezível	O uso de molduras em madeira só é permitido em AD1
AD2	Queda de gotas de água	
AD3	Aspersão de água	Nas condições AD3 e AD6 só devem ser usadas linhas com proteção adicional à penetração de água com os graus IP adequados, a princípio sem revestimento metálico externo
AD4	Projeção de água	
AD5	Jatos de água	Os cabos uni e multipolares dotados de cobertura extrudada podem ser usados em qualquer tipo de linha, mesmo com condutos metálicos
AD6	Ondas	
AD7	Imersão	Cabos uni e multipolares com isolamento resistente à água (por exemplo, EPR e XLPE)
AD8	Submersão	Cabos especiais para uso sob água
AE = Presença de corpos sólidos (4.3.1.4)		
AE1	Desprezível	Nenhuma limitação
AE2	Objetos pequenos	Nenhuma limitação, desde que não haja exposição a danos mecânicos
AE3	Objetos muito pequenos	Nenhuma limitação
AE4	Poeira	Limitações restritas às influências AF, AJ e BE
AF = Presença de substâncias corrosivas ou poluentes (4.3.1.5)		
AF1	Desprezível	Nenhuma limitação
AF2	Agentes presentes na atmosfera	As linhas devem ser protegidas contra corrosão ou contra agentes químicos. Observe-se que os cabos uni e multipolares com cobertura extrudada são considerados adequados. Os condutores isolados só podem ser usados em eletrodutos que apresentem resistência adequada aos agentes presentes
AF3	Intermitente	
AF4	Permanente	Só é admitido o uso de cabos uni ou multipolares adequados aos agentes químicos presentes
AG = Choques mecânicos (4.3.1.6)		
AG1	Fracos	Nenhuma limitação
AG2	Médios	Linhas com proteção leve, sendo que os cabos uni e multipolares usuais são considerados adequados e os condutores isolados podem ser usados em eletrodutos que atendam às NBR 5624 e NBR 6150

Tabela 29 (continuação)

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
AG3	Significativos	Linhas com proteção reforçada (AG3) e muito reforçada (AG4), observando-se que os cabos uni e multipolares providos de armação metálica são considerados adequados (armação intertravada para condição AG4). Os condutores isolados podem ser usados em eletrodutos que atendam às NBR 5597 e NBR 5598
AG4	Muito significativos	
AH = Vibrações (4.3.1.6)		
AH1	Fracas	Nenhuma limitação
AH2	Médias	Nenhuma limitação
AH3	Significativas	Só podem ser utilizadas linhas flexíveis constituídas por cabos uni ou multipolares flexíveis ou condutores isolados flexíveis em eletroduto flexível
AK = Presença de flora ou mofo (4.3.1.7)		
AK1	Desprezível	Nenhuma limitação
AK2	Riscos	Deve ser avaliada a necessidade de utilizar: <ul style="list-style-type: none"> - cabos providos de armação, se diretamente enterrados - condutores isolados em condutos com grau de proteção adequado - materiais especiais ou revestimento adequado protegendo cabos ou eletrodutos
AL = Presença de fauna (4.3.1.8)		
AL1	Desprezível	Nenhuma limitação
AL2	Riscos	Linhas com proteção especial. Se existir risco devido à presença de roedores e cupins, deve ser usada uma das soluções: <ul style="list-style-type: none"> - cabos providos de armação - condutores isolados em condutos com grau de proteção adequado - materiais especialmente aditivados ou revestimento adequado em cabos ou eletrodutos
AM = Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes (4.3.1.9)		
AM1	Desprezível	Nenhuma limitação
AM2	Correntes parasitas	Para as condições AM2, AM3 e AM5 a proteção pode ser garantida por revestimento metálico contínuo e aterrado, ou também por distanciamento. Para a condição AM4 deve-se recorrer a normas específicas
AM3	Eletromagnéticas	
AM4	Ionizantes	
AM5	Eletrostáticas	
AM6	Indução	
AN = Radiações solares (4.3.1.10)		
AN1	Desprezível	Nenhuma limitação
AN2	Significativas	Os cabos ao ar livre ou em condutos abertos devem ser resistentes às intempéries. A elevação da temperatura da superfície dos condutores ou cabos deve ser levada em conta nos cálculos da capacidade de condução de corrente
AP = Efeitos sísmicos (não considerado para o Brasil)		
AQ = Raios (4.3.1.11) (ainda não normalizado)		

Tabela 29 (conclusão)

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
B - Utilizações		
BA = Competência das pessoas (4.3.2.1) (sem influência)		
BB = Resistência elétrica do corpo humano (4.3.2.2)		
BB1	Elevada	Nenhuma limitação
BB2	Normal	
BB3	Fraca	Só devem ser utilizados, em princípio: - cabos uni ou multipolares sem armação ou - condutores isolados contidos em eletrodutos isolantes Admite-se o uso de cabos multipolares providos de armação, desde que esta seja ligada ao condutor de proteção do circuito, nas duas extremidades
BB4	Muito fraca	
BC = Contatos de pessoas com o potencial local (4.3.2.3)		
BC1	Nulos	Nenhuma limitação
BC2	Fracos	
BC3	Freqüentes	Só devem ser utilizados, em princípio, cabos sem armação ou condutores isolados contidos em eletrodutos isolantes. Admite-se utilizar cabos multipolares providos de armação, desde que esta seja ligada ao condutor de proteção do circuito nas duas extremidades. Admite-se também o uso de eletrodutos metálicos, desde que aterrados
BC4	Contínuos	Só são admitidos cabos sem armação ou condutores isolados em eletrodutos isolantes
BD = Fuga das pessoas em emergência (4.3.2.4)		
BD1	Normal	Nenhuma limitação
BD2	Longa	As linhas devem atender a 5.8.2.1.1
BD3	Incômoda	
BD4	Longa e incômoda	
BE = Natureza dos materiais processados ou armazenados (4.3.2.5)		
BE1	Riscos desprezíveis	Nenhuma limitação
BE2	Riscos de incêndio	As linhas devem atender a 5.8.2.2.6
BE3	Riscos de explosão	Linhas protegidas por escolha adequada da maneira de instalar
BE4	Riscos de contaminação	
C - Construção das edificações		
CA = Materiais de construção (4.3.3.1)		
CA1	Não combustíveis	Nenhuma limitação
CA2	Combustíveis	As linhas devem atender a 5.8.2.3.1
CB = Estrutura das edificações (4.3.3.2)		
CB1	Riscos desprezíveis	Nenhuma limitação
CB2	Propagação de incêndio	As linhas devem atender a 5.8.2.3.1
CB3	Movimentos	Linhas flexíveis ou contendo juntas de dilatação e de expansão
CB4	Flexíveis	Linhas flexíveis

6.2.5.1.2 Métodos de referência

Os métodos de referência são os métodos de instalação, indicados na IEC 364-5-523, para os quais a capacidade de condução de corrente foi determinada por ensaio ou por cálculo. São eles:

- a) A1 - condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- b) A2 - cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- c) B1 - condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- d) B2 - cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- e) C - cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira;
- f) D - cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo;
- g) E - cabo multipolar ao ar livre;
- h) F - cabos unipolares justapostos (na horizontal, na vertical ou em trifólio) ao ar livre;
- i) G - cabos unipolares espaçados ao ar livre.

NOTAS

1 Nos métodos A1 e A2, a parede é formada por uma camada externa estanque, isolamento térmico e uma camada interna em madeira ou material análogo com condutância térmica de no mínimo $10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. O eletroduto, metálico ou de plástico, é fixado junto à camada interna (não necessariamente em contato físico com ela).

2 Nos métodos B1 e B2, o eletroduto, metálico ou de plástico, é montado sobre uma parede de madeira, de modo tal que a distância entre o eletroduto e a superfície da parede seja inferior a 0,3 vez o diâmetro externo do eletroduto.

3 No método C, a distância entre o cabo multipolar, ou qualquer cabo unipolar, e a parede de madeira deve ser inferior a 0,3 vez o diâmetro externo do cabo.

4 No método D, o cabo é instalado em um eletroduto de plástico, metálico, ou de barro, ou diretamente enterrado no solo de resistividade térmica de $2,5 \text{ K}\cdot\text{m/W}$, a uma profundidade de 0,7 m.

5 Nos métodos E, F e G, a distância entre o cabo multipolar ou qualquer cabo unipolar, e qualquer superfície adjacente deve ser de no mínimo 0,3 vez o diâmetro externo do cabo, para o cabo multipolar, ou no mínimo igual ao diâmetro do cabo, para os cabos unipolares.

6 No método G, o espaçamento entre os cabos unipolares deve ser no mínimo igual ao diâmetro externo do cabo.

Na tabela 28, para cada método de instalação, é indicado o método de referência correspondente, utilizado para a obtenção da capacidade de condução de corrente.

6.2.5.2 Generalidades

6.2.5.2.1 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 30 não seja ultrapassada. A capacidade de condução de corrente deve estar de acordo com 6.2.5.2.2 ou determinada de acordo com 6.2.5.2.3.

6.2.5.2.2 A prescrição de 6.2.5.2.1 é considerada atendida se a corrente nos cabos não for superior às capacidades de condução de corrente adequadamente escolhida nas tabelas 31, 32, 33 e 34, afetadas, se for o caso, dos fatores de correção dados nas tabelas 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 e 42.

NOTAS

1 As tabelas 31, 32, 33 e 34 dão as capacidades de condução de corrente para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C, D, E, F e G, descritos em 6.2.5.1.2, aplicáveis aos diversos tipos de linhas, conforme indicado na tabela 28.

2 As capacidades de condução de corrente dadas nas tabelas 31, 32, 33 e 34 referem-se a funcionamento contínuo em regime permanente (fator de carga 100%), em corrente contínua ou em corrente alternada com frequência de 50 Hz ou 60 Hz.

6.2.5.2.3 Os valores adequados de capacidades de condução de corrente podem ser calculados como indicado na NBR 11301. Em cada caso pode-se levar em consideração as características da carga e, para os cabos enterrados, a resistividade térmica real do solo.

Tabela 30 - Temperaturas características dos condutores

Tipo de isolamento	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) (°C)	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) (°C)	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) (°C)
Cloreto de polivinila (PVC)	70	100	160
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

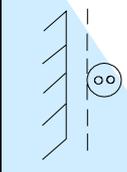
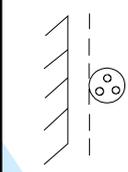
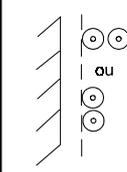
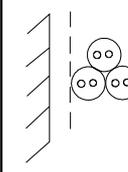
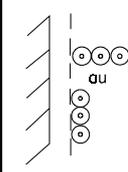
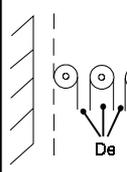
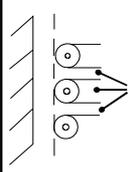
Tabela 31 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D
- condutores isolados, cabos unipolares e multipolares - cobre e alumínio, isolamento de PVC; temperatura de 70°C no condutor;
- temperaturas - 30°C (ambiente); 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de instalação definidos na tabela 28											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
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	351	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
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652
Alumínio												
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	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	195	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

Tabela 32 - 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 28											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados
(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	252	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	281	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	1061	955	870	780	1108	950	706	598

Tabela 33 - 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, isolamento de PVC;
 temperatura de 70°C no condutor;
 - temperatura ambiente - 30°C

Seções nominais mm ²	Métodos de instalação definidos na tabela 28						
	E	E	F	F	F	G	G
							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
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	1050	1 000
1 000	948	823	1 092	965	1 015	1 213	1 161

**Tabela 34 - 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**

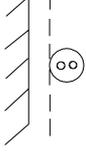
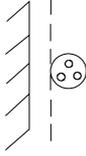
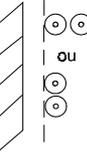
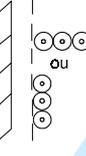
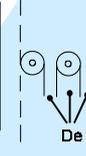
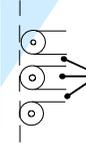
Seções nominiais mm ²	Métodos de instalação definidos na tabela 28						
	E	E	F	F	F	G	G
							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	13	12	13	10	10	15	12
0,75	17	15	17	13	14	19	16
1	21	18	21	16	17	23	19
1,5	26	23	27	21	22	30	25
2,5	36	32	37	29	30	41	35
4	49	42	50	40	42	56	48
6	63	54	65	53	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

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

NOTA - Ver Notas 1 e 2 de 6.2.5.8.

Tabela 36 - 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 31 e 32, 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.

Tabela 37 - Fatores de correção para agrupamento de circuitos ou cabos multipolares, aplicáveis aos valores de capacidade de condução de corrente dados nas tabelas 31, 32, 33 e 34

Item	Disposição dos cabos justapostos	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	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	31 a 34 (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	Nenhum fator de redução adicional para mais de 9 circuitos ou cabos multipolares			31 e 32 (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				33 e 34 (métodos E e F)
5	Camada unida em leito, suporte (Nota 7)	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

NOTAS

1 Esses fatores são aplicáveis a grupos de cabos, uniformemente carregados.

2 Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é 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 às tabelas 40 e 41.

Tabela 38 - Fatores de agrupamento para mais de um circuito - Cabos unipolares ou cabos multipolares diretamente enterrados (método de referência D)

Número de circuitos	Distâncias entre cabos ¹⁾ (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

¹⁾ 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 31 e 32. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de 10% em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à NBR 11301.

Tabela 39 - Fatores de agrupamento para mais de um circuito - Cabos em eletrodutos diretamente enterrados

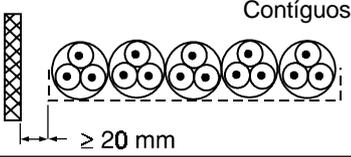
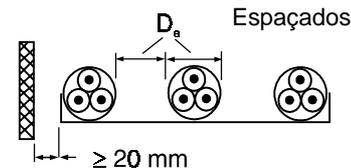
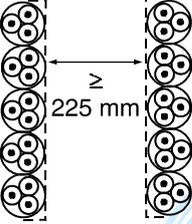
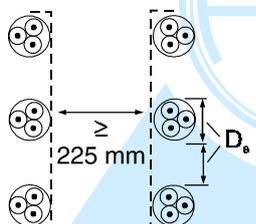
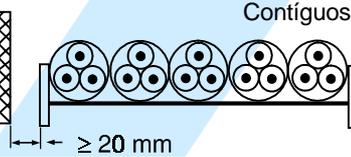
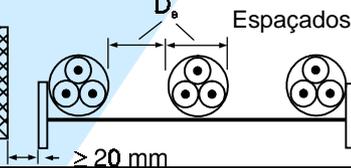
Cabos multipolares em eletrodutos - Um cabo por eletroduto				
Número de circuitos	Espaçamento entre eletrodutos ¹⁾ (a)			
	Nulo	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,80

Cabos unipolares em eletrodutos - Um cabo por eletroduto				
Número de circuitos (2 ou 3 cabos)	Espaçamento entre eletrodutos ¹⁾ (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

¹⁾ 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 31 e 32. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de 10% em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à NBR 11301.

Tabela 40 - Fatores de correção para o agrupamento de cabos multipolares, aplicáveis aos valores referentes a cabos multipolares ao ar livre - Método de referência E nas tabelas 33 e 34

Método de instalação da tabela 28		Número de bandejas ou leitos	Número de cabos								
			1	2	3	4	6	9			
Bandejas horizontais perfuradas (Nota 3)	13	 <p>Contíguos</p>	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73		
			2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68		
			3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66		
		 <p>Espaçados</p>	1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	-		
			2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	-		
			3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	-		
Bandejas verticais perfuradas (Nota 4)	13	 <p>Contíguos</p>	1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72		
			2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70		
		 <p>Espaçados</p>	1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	-		
			2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	-		
		Leitos, suportes horizontais, etc. (Nota 3)	14	 <p>Contíguos</p>	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
					2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
3	1,00				0,85	0,79	0,76	0,73	0,70		
16	 <p>Espaçados</p>		1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-		
			2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	-		
			3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	-		

NOTAS

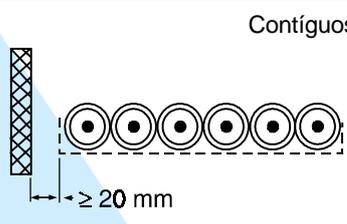
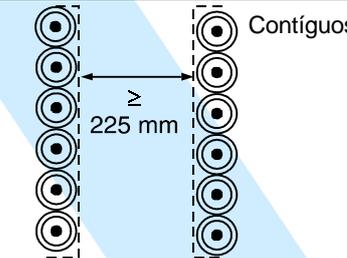
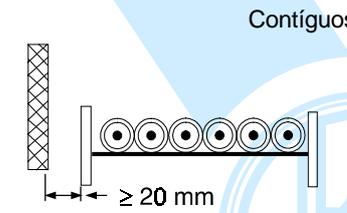
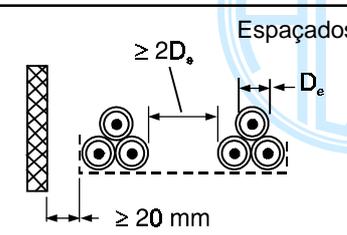
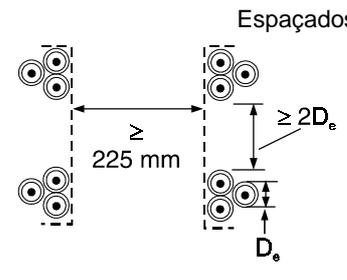
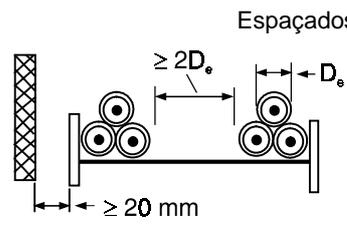
1 Os valores indicados são médios para os tipos de cabos e a faixa de seções das tabelas 33 e 34.

2 Os fatores são aplicáveis a cabos agrupados em uma única camada, como mostrado acima, e não se aplicam a cabos dispostos em mais de uma camada. Os valores para tais disposições podem ser sensivelmente inferiores e devem ser determinados por um método adequado; pode ser utilizada a tabela 42.

3 Os valores são indicados para uma distância vertical entre bandejas ou leitos de 300 mm. Para distâncias menores, os fatores devem ser reduzidos.

4 Os valores são indicados para uma distância horizontal entre bandejas de 225 mm, estando estas montadas fundo a fundo. Para espaçamentos inferiores os fatores devem ser reduzidos.

Tabela 41 - Fatores de correção para o agrupamento de circuitos constituídos por cabos unipolares, aplicáveis aos valores referentes a cabos unipolares ao ar livre - Método de referência F nas tabelas 32 e 33

Método de instalação da tabela 28		Número de bandejas ou leitos	Número de circuitos trifásicos (Nota 5)			Utilizar como multiplicador para a coluna:	
			1	2	3		
Bandejas horizontais perfuradas (Nota 3)	13	 <p>Contíguos</p>	1	0,98	0,91	0,87	6
			2	0,96	0,87	0,81	
			3	0,95	0,85	0,78	
Bandejas verticais perfuradas (Nota 4)	13	 <p>Contíguos</p>	1	0,96	0,86	-	6
			2	0,95	0,84	-	
Leitos, suportes horizontais, etc. (Nota 3)	14 15 16	 <p>Contíguos</p>	1	1,00	0,97	0,96	6
			2	0,98	0,93	0,89	
			3	0,97	0,90	0,86	
Bandejas horizontais perfuradas (Nota 3)	13	 <p>Espaçados</p>	1	1,00	0,98	0,96	5
			2	0,97	0,93	0,89	
			3	0,96	0,92	0,86	
Bandejas verticais perfuradas (Nota 4)	13	 <p>Espaçados</p>	1	1,00	0,91	0,89	
			2	1,00	0,90	0,86	
Leitos, suportes horizontais, etc. (Nota 3)	14 15 16	 <p>Espaçados</p>	1	1,00	1,00	1,00	
			2	0,97	0,95	0,93	
			3	0,96	0,94	0,90	

NOTAS

1 Os valores indicados são médios para os tipos de cabos e a faixa de seções das tabelas 33 e 34.

2 Os fatores são aplicáveis a cabos agrupados em uma única camada, como mostrado acima, e não se aplicam a cabos dispostos em mais de uma camada. Os valores para tais disposições podem ser sensivelmente inferiores e devem ser determinados por um método adequado; pode ser utilizada a tabela 42.

3 Os valores são indicados para uma distância vertical entre bandejas ou leitos de 300 mm. Para distâncias menores, os fatores devem ser reduzidos.

4 Os valores são indicados para uma distância horizontal entre bandejas de 225 mm, estando estas montadas fundo a fundo. Para espaçamentos inferiores os fatores devem ser reduzidos.

5 Para circuitos contendo vários cabos em paralelo por fase, cada grupo de três condutores deve ser considerado como um circuito para a aplicação desta tabela.

Tabela 42 - Multiplicadores a utilizar para a obtenção dos fatores de agrupamento aplicáveis a circuitos trifásicos ou cabos multipolares, ao ar livre, cabos contíguos, em várias camadas horizontais, em bandejas, prateleiras e suportes horizontais - Métodos de referência C, E e F nas tabelas 31, 32, 33 e 34

	Número de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares (cabos unipolares ou cabos multipolares contíguos em uma camada)				
	2	3	4 ou 5	6 a 8	9 e mais
Disposição em um plano horizontal	0,85	0,78	0,75	0,72	0,70
Disposição em um plano vertical	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66

NOTAS

1 Os fatores são obtidos multiplicando os valores referentes à disposição em um plano horizontal pelos referentes à disposição em um plano vertical, que corresponde ao número de camadas.

2 Deve ser verificado se o número de cabos atende à prescrição de 6.2.11.3.5.

3 Os valores correspondentes à disposição em um plano horizontal ou em um plano vertical não podem ser usados isoladamente como fatores de agrupamento para circuitos ou cabos multipolares dispostos em uma única camada, horizontal ou vertical, respectivamente.

4 Para cabos dispostos em uma única camada, ver tabelas 40 e 41.

5 Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à NBR 11301.

6.2.5.3 Temperatura ambiente

6.2.5.3.1 O valor da temperatura ambiente a utilizar é o da temperatura do meio circundante quando o cabo ou o condutor considerado não estiver carregado.

6.2.5.3.2 Quando o valor da capacidade de condução de corrente for escolhido utilizando as tabelas de 6.2.5, as temperaturas ambientes de referência são as seguintes:

a) para cabos enterrados diretamente no solo ou em eletrodutos enterrados: 20°C;

b) para as demais maneiras de instalar: 30°C.

6.2.5.3.3 Quando forem utilizadas as tabelas de 6.2.5 e a temperatura ambiente no local em que devem ser instalados os condutores ou os cabos diferir das temperaturas de referência, os fatores de correção especificados na tabela 35 devem ser aplicados aos valores de capacidade de condução de corrente das tabelas 31 a 34.

6.2.5.3.4 Os fatores de correção da tabela 35 não consideram o aumento de temperatura devido à radiação solar ou a outras radiações infravermelhas. Quando os cabos ou condutores forem submetidos a tais radiações, as capacidades de condução de corrente devem ser calculadas pelos métodos especificados na NBR 11301.

6.2.5.4 Resistividade térmica do solo

6.2.5.4.1 As capacidades de condução de corrente, indicadas em 6.2.5, para os cabos enterrados, correspondem a uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W.

6.2.5.4.2 Em locais onde a resistividade térmica do solo seja superior a 2,5 K.m/W, caso típico de solos secos, deve ser feita uma redução adequada nos valores de capacidade de condução de corrente, a menos que o solo na vizinhança imediata dos cabos seja substituído por terra mais apropriada. A tabela 36 dá fatores de correção para resistividades térmicas do solo diferentes de 2,5 K.m/W.

NOTAS

1 O valor de 2,5 K.m/W é o recomendado pela IEC quando o tipo de solo e a localização geográfica não são especificados.

2 Os valores de capacidade de condução de corrente indicados nas tabelas de 6.2.5 para cabos enterrados referem-se apenas a percursos no interior ou em torno das edificações. Para outras instalações, quando for possível conhecer valores mais precisos da resistividade térmica do solo, bem como os períodos em que se verifica carga máxima, os valores de capacidade de condução de corrente podem ser calculados pelos métodos especificados na NBR 11301.

6.2.5.5 Agrupamento de circuitos

6.2.5.5.1 Os fatores de correção são aplicáveis a grupos de condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares com a mesma temperatura máxima para serviço contínuo. Para grupos contendo condutores isolados ou cabos com diferentes temperaturas máximas para serviço contínuo, a capacidade de condução de corrente de todos os cabos ou condutores isolados do grupo deve ser baseada na menor das temperaturas máximas para serviço

contínuo de qualquer cabo ou condutor isolado do grupo, afetada do fator de correção adequado.

6.2.5.5.2 Se, devido a condições de funcionamento conhecidas, um circuito ou cabo multipolar for previsto para conduzir não mais do que 30% da capacidade de condução de corrente de seus condutores, já afetada pelo fator de correção aplicável, o circuito ou cabo multipolar pode ser omitido para efeito da obtenção do fator de correção do resto do grupo.

6.2.5.5.3 Métodos de instalação correspondentes aos métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

As capacidades de condução de corrente indicadas nas tabelas 31 e 32 são válidas para circuitos simples constituídos pelo seguinte número de condutores:

- a) dois condutores isolados, dois cabos unipolares ou um cabo bipolar;
- b) três condutores isolados, três cabos unipolares ou um cabo tripolar.

Quando for instalado, em um mesmo grupo, um número maior de condutores ou de cabos, devem ser aplicados os fatores de correção especificados nas tabelas 37, 38 e 39.

NOTAS

1 Os fatores de correção foram calculados admitindo-se todos os condutores vivos permanentemente carregados com 100% de sua carga. No caso de valor inferior a 100%, os fatores de correção podem ser aumentados conforme as condições de funcionamento da instalação.

2 Para grupos de circuitos ou de cabos multipolares em bandeja não perfurada ou em prateleira, consistindo em mais de uma camada de cabos contíguos, podem ser aplicados os fatores obtidos da tabela 42.

6.2.5.5.4 Métodos de instalação correspondentes aos métodos de referência E e F

As capacidades de condução de corrente indicadas nas tabelas 33 e 34 são válidas para os métodos de instalação em referência. Para cabos instalados em bandejas perfuradas, leitos e suportes horizontais, as capacidades de condução de corrente, tanto para um circuito ou cabo multipolar, como para agrupamentos de circuitos ou cabos multipolares, devem ser determinadas multiplicando-se os valores dados para a disposição correspondente ao ar livre, como indicado nas tabelas 33 e 34, pelos fatores de correção dados nas tabelas 40, 41 e 42.

NOTA - Para circuitos ou cabos multipolares em bandejas perfuradas, leitos ou suporte, com uma única camada de cabos contíguos, podem ser usados, como alternativa genérica, os fatores de correção dados na tabela 37.

NOTAS (comuns a 6.2.5.5.3 e 6.2.5.5.4)

1 Os fatores de redução para agrupamento de circuitos são valores médios calculados para as dimensões dos condutores, os tipos de cabos e as condições de instalação considerados. Devem ser observadas as notas sob cada tabela. Em alguns casos, pode ser conveniente um cálculo mais preciso.

2 Os fatores de correção foram calculados admitindo-se um agrupamento de cabos semelhantes igualmente carregados. Quando um grupo contiver cabos de dimensões diferentes, devem ser tomadas precauções relacionadas com a carga dos cabos de menor seção (ver 6.2.5.5.5).

6.2.5.5.5 Grupos contendo cabos de dimensões diferentes

a) Os fatores de correção tabelados (tabelas 37 a 42) são aplicáveis a grupos de cabos semelhantes, igualmente carregados. O cálculo dos fatores de correção para grupos contendo condutores isolados ou cabos unipolares ou multipolares de diferentes seções nominais depende da quantidade de condutores ou cabos e da faixa de seções. Tais fatores não podem ser tabelados e devem ser calculados caso a caso, utilizando, por exemplo, a NBR 11301.

NOTA - São considerados cabos semelhantes aqueles cujas capacidades de condução de corrente baseiam-se na mesma temperatura máxima para serviço contínuo e cujas seções nominais estão contidas no intervalo de 3 seções normalizadas sucessivas.

b) No caso de condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares de dimensões diferentes em condutos fechados ou em bandejas, leitos, prateleiras ou suportes, caso não seja viável um cálculo mais específico, deve-se utilizar a expressão:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

onde:

F é o fator de correção;

n é o número de circuitos ou de cabos multipolares.

NOTA - A expressão dada está a favor da segurança e reduz os perigos de sobrecarga sobre os cabos de menor seção nominal. Pode, no entanto, resultar no superdimensionamento dos cabos de seções mais elevadas.

6.2.5.6 Número de condutores carregados

6.2.5.6.1 O número de condutores carregados a ser considerado é o dos condutores efetivamente percorridos por corrente. Nos circuitos trifásicos com neutro, quando puder ser admitido o equilíbrio das correntes nos condutores fase e quando não for prevista a circulação de correntes harmônicas no condutor neutro, este não deve ser computado, considerando-se, portanto, para o circuito, 3 condutores carregados. Assim, tem-se:

- a) circuito trifásico sem neutro = 3 condutores carregados;
- b) circuito trifásico com neutro = 4 condutores carregados;
- c) circuito monofásico a 2 condutores = 2 condutores carregados;
- d) circuito monofásico a 3 condutores = 3 condutores carregados;
- e) circuito bifásico a 2 condutores = 2 condutores carregados; e
- f) circuito bifásico a 3 condutores = 3 condutores carregados.

6.2.5.6.2 Quando, em um circuito trifásico a 4 condutores, circular corrente pelo condutor neutro, sem a correspondente redução na carga dos condutores fase, o condutor neutro deve ser considerado na determinação da capacidade de condução de corrente dos condutores do circuito, o que corresponde a considerar o circuito com 4 condutores carregados.

NOTA - Essa corrente pode ser causada por correntes harmônicas significativas no circuito trifásico.

6.2.5.6.3 Os condutores utilizados unicamente como condutores de proteção (PE) não são considerados. Os condutores PEN são considerados como condutores neutros.

6.2.5.7 Condutores em paralelo

Quando dois ou mais condutores são ligados em paralelo na mesma fase ou polaridade:

a) devem ser tomadas medidas para garantir que a corrente se divida igualmente entre eles.

Essa exigência é considerada atendida se os condutores são de mesmo material, têm a mesma seção nominal, são, aproximadamente, de mesmo comprimento, não contêm derivações ao longo de seu percurso e atendem a uma das três condições a seguir:

- são veias de cabos multipolares ou multiplexados, qualquer que seja a seção nominal, cada cabo contendo todas as fases ou polaridades e o respectivo neutro, se existir;

- são cabos unipolares em trifólio, em formação plana ou em conduto fechado, com condutores de seção igual ou inferior a 50 mm² em cobre, ou 70 mm² em alumínio, cada grupo ou conduto fechado contendo todas as fases ou polaridades e o respectivo neutro, se existir;

NOTA - Em condutos fechados podem ser usados condutores isolados.

- são cabos unipolares com condutores de seção superior a 50 mm² em cobre, ou 70 mm² em alumínio, agrupados segundo configurações especiais adaptadas a cada caso, cada grupo contendo todas as fases e o respectivo neutro, se existir, sendo as configurações escolhidas de modo a obter-se o maior equilíbrio possível entre as impedâncias dos condutores de cada fase; ou

b) um estudo específico sobre a divisão das correntes deve ser realizado para atender a 6.2.5.1.

6.2.5.8 Variações das condições de instalação em um percurso

Quando os condutores e cabos são instalados em um percurso ao longo do qual as condições de resfriamento (dissipação de calor) variam, as capacidades de condução de corrente devem ser determinadas para a parte do percurso que apresenta as condições mais desfavoráveis.

NOTAS (comuns às tabelas 31 a 40)

1 As capacidades de condução de corrente indicadas nas tabelas são determinadas para os tipos de condutores e cabos providos

de isolamento e as maneiras de instalar comumente utilizados nas instalações elétricas fixas. Os valores indicados referem-se a funcionamento contínuo em regime permanente (fator de carga de 100%) em corrente contínua e em corrente alternada de frequência 50 Hz ou 60 Hz.

2 A tabela 28 indica as maneiras de instalar a que se referem as tabelas de capacidade de condução de corrente.

6.2.6 Seções dos condutores

6.2.6.1 As seções dos condutores fase, em circuitos de corrente alternada, e dos condutores vivos, em circuitos de corrente contínua, não devem ser inferiores aos valores dados na tabela 43.

6.2.6.2 O condutor neutro, se existir, deve possuir a mesma seção que o(s) condutor(es) fase nos seguintes casos:

a) em circuitos monofásicos a 2 e 3 condutores e bifásicos a 3 condutores, qualquer que seja a seção;

b) em circuitos trifásicos, quando a seção dos condutores fase for inferior ou igual a 25 mm², em cobre ou em alumínio;

c) em circuitos trifásicos, quando for prevista a presença de harmônicas, qualquer que seja a seção.

6.2.6.3 Nos circuitos trifásicos, a seção do condutor neutro pode ser inferior à dos condutores fase, sem ser inferior aos valores indicados na tabela 44, em função da seção dos condutores fase, quando as duas condições seguintes forem simultaneamente atendidas:

a) não for prevista a presença de harmônicas;

b) a máxima corrente susceptível de percorrer o condutor neutro, em serviço normal, seja inferior à capacidade de condução de corrente correspondente à seção reduzida do condutor neutro.

NOTAS

1 Os valores da tabela 44 são aplicáveis quando os condutores fase e o condutor neutro forem constituídos pelo mesmo metal.

2 Em nenhuma circunstância o condutor neutro pode ser comum a vários circuitos.

6.2.6.4 Determinação das seções nominais de circuitos trifásicos considerando a presença de harmônicas

As prescrições que se seguem aplicam-se a circuitos trifásicos a 4 condutores, onde o desequilíbrio entre fases é inferior a 50% e onde é prevista a presença de correntes harmônicas de 3ª ordem nos condutores fase, admitindo-se que os 4 condutores sejam de mesmo material e tenham a mesma seção nominal.

A tabela 45 dá os fatores de correção que, aplicados às capacidades de correção relativas a 3 condutores carregados (tabelas 31, 32, 33 e 34), fornecem os valores correspondentes a 4 condutores carregados, quando a corrente no condutor neutro é devida a harmônicas.

Tabela 43 - 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
		Circuito 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 equipamento	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu
		Circuitos a extrabaixa 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 como circuitos de força.

Tabela 44 - Seção do condutor neutro

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

Tabela 45 - Fatores de correção aplicáveis a circuitos trifásicos a 4 condutores, onde é prevista a presença de correntes harmônicas de 3ª ordem

Porcentagem de 3ª harmônica na corrente de fase (%)	Fator de correção	
	Escolha da seção com base na corrente de fase	Escolha da seção com base na corrente de neutro
0 - 15	1,0	-
15 - 33	0,86	-
33 - 45	-	0,86
> 45	-	1,0

NOTAS

1 A tabela foi originalmente obtida para cabos tetrapolares e pentapolares, mas pode, em princípio, ser utilizada para circuitos com cabos unipolares ou condutores isolados.

2 A corrente (I) a ser utilizada para a determinação da seção dos 4 condutores do circuito, utilizando as tabelas 31, 32 ou 34 (colunas de 3 condutores carregados), é obtida pelas expressões:

$$\begin{aligned} \text{- escolha pela corrente de fase } I &= \frac{I_B}{f} \\ \text{- escolha pela corrente de neutro } I &= \frac{1}{f} \times I_B \times \frac{p}{100} \times 3 \end{aligned}$$

onde:

I_B é a corrente de projeto do circuito;

p é a porcentagem da harmônica de 3ª ordem (tabela 45);

f é o fator de correção (tabela 45).

6.2.7 Quedas de tensão

6.2.7.1 A queda de tensão entre a origem de uma instalação e qualquer ponto de utilização não deve ser superior aos valores da tabela 46, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação.

6.2.7.2 Quedas de tensão maiores que as indicadas em 6.2.7.1 são permitidas para equipamentos com corrente de partida elevada, durante o período de partida, desde que dentro dos limites permitidos em suas normas respectivas.

6.2.7.3 Para o cálculo da queda de tensão em um circuito, deve ser utilizada a corrente de projeto do circuito, calculada a partir das prescrições de 4.2.1.

6.2.8 Conexões

6.2.8.1 As conexões de condutores entre si e com equipamentos devem ser adequadas aos materiais do(s) condutor(es) ou dos terminais dos equipamentos e instaladas e utilizadas de modo adequado.

6.2.8.2 As conexões devem estar em condições de suportar os esforços provocados por correntes de valores iguais às capacidades de condução de corrente e por correntes de curto-circuito, determinadas pelas características dos dispositivos de proteção. Por outro lado, as conexões não devem sofrer modificações inadmissíveis em decorrência de seu aquecimento, do envelhecimento dos isolantes e das vibrações que ocorrem em serviço normal. Em particular, devem ser consideradas as influências da dilatação térmica e das tensões eletroquímicas que variam de metal para metal, bem como as influências das temperaturas que afetam a resistência mecânica dos materiais.

6.2.8.3 Devem ser tomadas precauções para evitar que partes metálicas de conexões energizem outras partes metálicas normalmente isoladas de partes vivas.

6.2.8.4 Salvo nos casos de linhas aéreas e de linhas de contato alimentando equipamentos móveis, as conexões de condutores entre si e com equipamentos não devem ser submetidas a qualquer esforço de tração ou de torção.

6.2.8.5 Para as linhas elétrica constituídas por condutos fechados só se admitem conexões contidas em invólucros apropriados, tais como caixas, quadros, etc., que garantam a necessária acessibilidade e proteção mecânica.

6.2.8.6 As conexões devem ser realizadas de modo que a pressão de contato independa do material isolante.

6.2.8.7 Quando dispositivos ou equipamentos elétricos forem previstos para serem diretamente ligados a condutores de alumínio, estes devem atender aos requisitos das normas de conexões para alumínio.

NOTA - Na falta de equipamento adequado para conexão direta com alumínio, o condutor deve ser emendado com um condutor de cobre através de um conector especial e então ligado ao equipamento.

6.2.8.8 As conexões para alumínio, com aperto por meio de parafuso, devem ser instaladas de forma a garantir pressão adequada sobre o condutor de alumínio. Esta pressão é assegurada pelo uso de torque controlado durante o aperto do parafuso. O torque adequado deve ser fornecido pelo fabricante do conector ou do equipamento que possua os conectores.

Tabela 46 - Limites de queda de tensão

Instalações	Iluminação	Outros usos
A - Alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão, a partir de uma rede de distribuição pública de baixa tensão:	4%	4%
B - Alimentadas diretamente por subestação de transformação ou transformador, a partir de uma instalação de alta tensão:	7%	7%
C - Que possuam fonte própria:	7%	7%

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 da 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%.

6.2.8.9 As conexões prensadas devem ser realizadas por meio de ferramentas adequadas para o tipo de tamanho de conector utilizado, de acordo com as recomendações do fabricante do conector.

6.2.8.10 Em condutores de alumínio somente são admitidas emendas por meio de conectores por compressão ou solda adequada.

6.2.8.11 A conexão entre cobre e alumínio somente deve ser realizada por meio de conectores adequados a este fim.

6.2.9 Condições gerais de instalação

6.2.9.1 Proteção contra influências externas

A proteção contra influências externas conferida pela maneira de instalar deve ser assegurada de maneira contínua.

6.2.9.2 Extremidades

Nas extremidades das linhas elétricas e especialmente nos locais de penetração nos equipamentos, a proteção deve ser conseguida de maneira contínua e, se necessário, deve ser assegurada a estanqueidade.

6.2.9.3 Travessias

Nas travessias de paredes, as linhas elétricas devem ser providas de proteção mecânica adequada, a menos que sejam constituídas por eletrodutos rígidos.

6.2.9.4 Vizinhanças

6.2.9.4.1 Nos casos de vizinhança entre linhas elétricas e canalizações não elétricas, as linhas e as canalizações devem ser dispostas de forma a manter entre suas superfícies externas uma distância tal que toda intervenção em uma instalação não arrisque danificar as outras. Na prática,

uma distância de 3 cm é considerada como suficiente. Esta regra não se aplica às linhas e canalizações embutidas.

6.2.9.4.2 Na vizinhança de canalizações de calefação, de ar quente ou de dutos de exaustão de fumaça, as linhas elétricas não devem correr o risco de ser levadas a uma temperatura prejudicial e, por conseguinte, devem ser mantidas a uma distância suficiente ou ser separadas daquelas canalizações por anteparos adequados.

6.2.9.4.3 As linhas elétricas não devem utilizar dutos de exaustão de fumaça ou de ventilação.

6.2.9.4.4 As linhas elétricas não devem ser colocadas paralelamente abaixo de canalizações que possam gerar condensações (tais como tubulações de água, de vapor, de gás, etc.), a menos que sejam tomadas precauções para proteger as linhas elétricas dos efeitos dessas condensações.

6.2.9.4.5 As linhas elétricas não devem utilizar as mesmas canaletas ou poços que as canalizações não elétricas, exceto se as seguintes condições forem simultaneamente atendidas:

a) a proteção contra contatos indiretos seja assegurada conforme as prescrições de 5.1.3, considerando-se as canalizações metálicas não elétricas como elementos condutores;

b) as linhas elétricas sejam completamente protegidas contra perigos que possam resultar da presença de outras instalações.

6.2.9.5 Vizinhança com outras linhas elétricas

As linhas elétricas de baixa tensão e as linhas de tensão superior a 1 000 V não devem ser colocadas nas mesmas canaletas ou poços, a menos que sejam tomadas precauções adequadas para evitar que, em caso de falta, os circuitos de baixa tensão sejam submetidos a sobretensões.

6.2.9.6 Barreiras corta-fogo

6.2.9.6.1 As travessias de paredes por linhas elétricas devem ser obturadas de tal maneira que elas não diminuam as características corta-fogo da parede.

6.2.9.6.2 Nos espaços de construção e nas galerias, devem ser tomadas precauções adequadas para evitar a propagação de um incêndio.

6.2.9.6.3 No caso de linhas elétricas dispostas em poços verticais atravessando diversos níveis, cada travessia de piso deve ser obturada de modo a impedir a propagação de incêndio, a menos que:

- a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, os cabos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos;
- b) no caso de linhas constituídas por condutos abertos, os cabos e os condutos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos;
- c) no caso de linhas em condutos fechados, estes devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

6.2.10 Instalações de condutores

6.2.10.1 Os cabos multipolares só devem conter os condutores de um e apenas um circuito e, se for o caso, o condutor de proteção respectivo.

6.2.10.2 Os condutos fechados podem conter condutores de mais de um circuito, nos seguintes casos:

- a) quando as três condições seguintes forem simultaneamente atendidas:
 - os circuitos pertençam à mesma instalação, isto é, se originem do mesmo dispositivo geral de manobra e proteção, sem a interposição de equipamentos que transformem a corrente elétrica;
 - as seções nominais dos condutores fase estejam contidas dentro de um intervalo de três valores normalizados sucessivos;
 - os condutores isolados ou cabos isolados tenham a mesma temperatura máxima para serviço contínuo;
- b) no caso dos circuitos de força e de comando e/ou sinalização de um mesmo equipamento.

6.2.10.3 Os cabos unipolares e os condutores isolados pertencentes a um mesmo circuito devem ser instalados nas proximidades imediatas uns dos outros. Essa regra aplica-se igualmente ao condutor de proteção correspondente.

6.2.10.4 Quando vários condutores forem reunidos em paralelo, eles devem ser reunidos em tantos grupos quan-

tos forem os condutores em paralelo, cada grupo contendo um condutor de cada fase ou polaridade. Os condutores de cada grupo devem estar instalados nas proximidades imediatas uns dos outros.

NOTA - Em particular, no caso de condutos fechados metálicos, todos os condutores vivos de um mesmo circuito devem estar contidos em um mesmo conduto.

6.2.11 Prescrições para instalação

6.2.11.1 Eletrodutos

6.2.11.1.1 Nos eletrodutos só devem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares, admitindo-se a utilização de condutor nu em eletroduto isolante exclusivo, quando tal condutor destinar-se a aterramento.

6.2.11.1.2 As dimensões internas dos eletrodutos e respectivos acessórios de ligação devem permitir instalar e retirar facilmente os condutores ou cabos após a instalação dos eletrodutos e acessórios. Para isso, é necessário que:

a) a taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não seja superior a:

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

b) não haja trechos contínuos (sem interposição de caixas ou equipamentos) retilíneos de tubulação maiores que 15 m, sendo que, nos trechos com curvas, essa distância deve ser reduzida de 3 m para cada curva de 90°.

NOTA - Quando o ramal de eletrodutos passar obrigatoriamente através de locais onde não seja possível o emprego de caixa de derivação, a distância prescrita na alínea b) pode ser aumentada, desde que:

- a) seja calculada a distância máxima permissível (levando-se em conta o número de curvas de 90° necessárias); e,
- b) para cada 6 m, ou fração, de aumento dessa distância, se utilize eletroduto de tamanho nominal imediatamente superior ao do eletroduto que normalmente seria empregado para a quantidade e tipo dos condutores ou cabos.

6.2.11.1.3 Em cada trecho de tubulação, entre duas caixas, entre extremidades, ou entre extremidade e caixa, podem ser previstas no máximo três curvas de 90° ou seu equivalente até no máximo 270°. Em nenhuma hipótese devem ser previstas curvas com deflexão superior a 90°.

6.2.11.1.4 As curvas feitas diretamente nos eletrodutos não devem reduzir efetivamente seu diâmetro interno.

6.2.11.1.5 Devem ser empregadas caixas de derivação:

a) em todos os pontos de entrada ou saída dos condutores da tubulação, exceto nos pontos de transição ou passagem de linhas abertas para linhas em eletrodutos, os quais, nestes casos, devem ser rematados com buchas;

b) em todos os pontos de emenda ou derivação de condutores;

c) para dividir a tubulação em trechos não maiores do que os especificados em 6.2.11.1.2.

6.2.11.1.6 As caixas devem ser colocadas em lugares facilmente acessíveis e ser providas de tampas. As caixas que contiverem interruptores, tomadas de corrente e congêneres devem ser fechadas pelos espelhos que completam a instalação desses dispositivos. As caixas de saída para alimentação de equipamentos podem ser fechadas pelas placas destinadas à fixação desses equipamentos.

6.2.11.1.7 Os condutores devem formar trechos contínuos entre as caixas de derivação; as emendas e derivações devem ficar colocadas dentro das caixas. Condutores emendados ou cuja isolação tenha sido danificada e recomposta com fita isolante ou outro material não devem ser enfiados em eletrodutos.

6.2.11.1.8 Os eletrodutos embutidos em concreto armado devem ser colocados de modo a evitar sua deformação durante a concretagem, devendo ainda ser fechadas as caixas e bocas dos eletrodutos com peças apropriadas para impedir a entrada de argamassas ou nata de concreto durante a concretagem.

6.2.11.1.9 As junções dos eletrodutos embutidos devem ser efetuadas com auxílio de acessórios estanques em relação aos materiais de construção.

6.2.11.1.10 Os eletrodutos só devem ser cortados perpendicularmente ao seu eixo. Deve ser retirada toda rebarba susceptível de danificar as isolações dos condutores.

6.2.11.1.11 Nas juntas de dilatação, os eletrodutos rígidos devem ser seccionados, devendo ser mantidas as características necessárias à sua utilização (por exemplo, no caso de eletrodutos metálicos, a continuidade elétrica deve ser sempre mantida).

6.2.11.1.12 Quando necessário, os eletrodutos rígidos isolantes devem ser providos de juntas de expansão para compensar as variações térmicas.

6.2.11.1.13 Os condutores somente devem ser enfiados depois de estar completamente terminada a rede de eletrodutos e concluídos todos os serviços de construção que os possam danificar. A enfição só deve ser iniciada após a tubulação ser perfeitamente limpa.

6.2.11.1.14 Para facilitar a enfição dos condutores, podem ser utilizados:

a) guias de puxamento que, entretanto, só devem ser introduzidos no momento da enfição dos condutores e não durante a execução das tubulações;

b) talco, parafina ou outros lubrificantes que não prejudiquem a isolação dos condutores.

6.2.11.1.15 Só são admitidos em instalação aparente eletrodutos que não propaguem a chama.

6.2.11.1.16 Só são admitidos em instalação embutida os eletrodutos que suportem os esforços de deformação característicos do tipo de construção utilizado.

6.2.11.1.17 Em instalação embutida, os eletrodutos que possam propagar a chama devem ser totalmente envolvidos por materiais incombustíveis.

6.2.11.2 Molduras

6.2.11.2.1 Nas molduras só devem ser instalados condutores isolados ou cabos unipolares.

6.2.11.2.2 As ranhuras das molduras devem possuir dimensões tais que os cabos ou condutores possam alojar-se facilmente.

6.2.11.2.3 Só é permitido passar em uma ranhura condutores ou cabos de um mesmo circuito.

6.2.11.2.4 As molduras não devem ser embutidas na alvenaria nem cobertas por papel de parede, tecido ou qualquer outro material, devendo sempre permanecer aparentes.

6.2.11.3 Ao ar livre (cabos em bandejas, leitos, prateleiras, suportes horizontais ou diretamente fixados a paredes ou tetos)

6.2.11.3.1 Nas instalações ao ar livre só devem ser utilizados cabos unipolares ou cabos multipolares.

6.2.11.3.2 Os cabos podem ser instalados:

a) fixos a paredes ou tetos, com auxílio de argolas, abraçadeiras ou outros meios de fixação;

NOTA - Não se recomenda o uso de materiais magnéticos quando os mesmos estiverem sujeitos a indução significativa de corrente.

b) sobre bandejas, leitos, prateleiras ou suportes.

6.2.11.3.3 Os meios de fixação, as bandejas, leitos, prateleiras ou suportes devem ser escolhidos e dispostos de maneira a não poder trazer prejuízo aos cabos. Eles devem possuir propriedades que lhes permitam suportar sem danos as influências externas a que são submetidos.

6.2.11.3.4 Nos percursos verticais deve ser assegurado que os esforços de tração exercidos pelo peso dos cabos não conduzam a deformações ou rupturas dos condutores. Tais esforços de tração não devem ser exercidos sobre as conexões.

6.2.11.3.5 Nas bandejas, leitos e prateleiras, preferencialmente, os cabos devem ser dispostos em uma única camada. Admite-se, no entanto, a disposição em várias camadas, desde que haja uma limitação de material combustível (isolações, capas e coberturas), de modo a evitar a propagação de incêndio. Para tanto, o volume de material combustível deve ser limitado a:

a) 3,5 dm³ por metro linear, para cabos de categoria BF da NBR 6812;

b) 7 dm³ por metro linear, para cabos de categoria AF ou AF/R da NBR 6812;

6.2.11.4 Canaletas e perfilados

6.2.11.4.1 Nas canaletas instaladas sobre paredes, em tetos ou suspensas, e nos perfilados, podem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares. Os condutores isolados só podem ser utilizados em canaletas ou perfilados de paredes maciças e com tampas que só podem ser removidas com auxílio de ferramentas.

NOTA - Admite-se o uso de condutores isolados em canaletas ou perfilados sem tampa ou com tampa desmontável sem auxílio de ferramentas, ou em canaletas ou perfilados cujas paredes sejam perfuradas, com ou sem tampa, em uma das condições seguintes:

- a) estejam instalados em locais só acessíveis a pessoas advertidas (BA4) ou qualificadas (BA5), conforme a tabela 12;
- b) estejam instalados a uma altura mínima de 2,50 m do piso.

6.2.11.4.2 As canaletas instaladas sobre paredes, em tetos ou suspensas e os perfilados devem ser escolhidos e dispostos de maneira a não poder trazer prejuízo aos cabos. Eles devem possuir propriedades que lhes permitam suportar sem danos as influências externas a que são submetidos.

6.2.11.4.3 Nas canaletas instaladas no solo podem ser utilizados cabos unipolares ou cabos multipolares.

6.2.11.4.4 As canaletas instaladas no solo são classificadas, sob o ponto de vista das influências externas (presença de água), como AD4 conforme a tabela 3.

6.2.11.4.5 Nas canaletas encaixadas no piso podem ser utilizados condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares. Os condutores isolados só podem ser utilizados se contidos em eletrodutos.

6.2.11.5 Espaços de construção

6.2.11.5.1 Nos espaços de construção podem ser utilizados condutores isolados e cabos unipolares ou multipolares sob qualquer forma normalizada de instalação, desde que os condutores ou cabos possam ser instalados ou retirados sem intervenção nos elementos de construção do prédio.

6.2.11.6 Linhas elétricas enterradas

6.2.11.6.1 Em instalações diretamente enterradas (cabos diretamente enterrados ou contidos em eletroduto), só são admitidos cabos unipolares ou multipolares providos de armação ou proteção mecânica adicional.

NOTA - Poderão ser utilizados condutores isolados no interior do eletroduto enterrado se, no trecho enterrado, não houver nenhuma caixa de passagem e/ou derivação enterrada e se for garantida a estanqueidade do eletroduto.

6.2.11.6.2 Os cabos devem ser protegidos contra as deteriorações causadas por movimentação de terra, contato com corpos duros, choque de ferramentas em caso de escavações, bem como contra umidade e ações químicas causadas pelos elementos do solo.

6.2.11.6.3 Como prevenção contra os efeitos de movimentação de terra, os cabos devem ser instalados, em terreno normal, pelo menos a 0,70 m da superfície do solo. Essa profundidade deve ser aumentada para 1 m na travessia de vias acessíveis a veículos e em uma zona de 0,50 m de largura, de um lado e de outro dessas vias. Essas profundidades podem ser reduzidas em terreno rochoso ou quando os cabos estiverem protegidos, por exemplo, por eletrodutos que suportem sem danos as influências externas a que possam ser submetidos.

6.2.11.6.4 Quando uma linha enterrada cruzar com uma outra linha elétrica enterrada, elas devem, em princípio, encontrar-se a uma distância mínima de 0,20 m.

6.2.11.6.5 Quando uma linha elétrica enterrada estiver ao longo ou cruzar com condutos de instalações não elétricas, uma distância mínima de 0,20 m deve existir entre seus pontos mais próximos. Essa distância pode ser reduzida se as linhas e os condutos de outras instalações forem separados por meios que proporcionem uma segurança equivalente.

6.2.11.6.6 Qualquer linha enterrada deve ser continuamente sinalizada por um elemento de advertência (por exemplo, fita colorida) não sujeito a deterioração, situado no mínimo a 0,10 m acima dela.

6.2.11.7 Instalação sobre isoladores

6.2.11.7.1 Nas instalações sobre isoladores podem ser usados condutores nus, condutores isolados, condutores isolados em feixe ou barras.

6.2.11.7.2 Essa maneira de instalar não deve ser usada em locais destinados a habitação.

6.2.11.7.3 As instalações sobre isoladores devem obedecer às prescrições de 5.1.2.4 (proteção por colocação fora de alcance).

6.2.11.7.4 As barras só são admitidas quando instaladas em locais de serviço elétrico.

6.2.11.7.5 Em locais comerciais ou assemelhados, as linhas com condutores nus são admitidas como linhas de contato alimentando lâmpadas ou equipamentos móveis, desde que sejam alimentadas em SELV.

6.2.11.7.6 A instalação de condutores nus sobre isoladores em estabelecimentos industriais ou assemelhados deve ser limitada aos locais de serviço elétrico ou a utilizações específicas (por exemplo, alimentação de pontes rolantes).

6.2.11.7.7 Na instalação de condutores nus ou barras sobre isoladores, devem ser considerados:

- a) os esforços a que eles podem ser submetidos em serviço normal;
- b) os esforços eletrodinâmicos a que eles podem ser submetidos em condições de curto-circuito;
- c) os esforços relativos à dilatação devida às variações de temperatura que possam acarretar a flambagem dos condutores ou a destruição dos isoladores; pode ser necessário prever juntas de dilata-

ção; convém, por outro lado, tomar precauções contra as vibrações excessivas dos condutores pela utilização de suportes suficientemente próximos.

6.2.11.8 Linhas aéreas externas

6.2.11.8.1 Nas linhas aéreas externas podem ser usados condutores nus ou providos de cobertura resistente às intempéries, condutores isolados ou cabos multiplexados em feixes e montados sobre postes ou estruturas.

6.2.11.8.2 Quando uma linha aérea servir a locais que apresentem riscos de explosão (BE3 - tabela 16), a alimentação deve ser efetuada por intermédio de uma linha enterrada com um comprimento mínimo de 20 m.

6.2.11.8.3 Os condutores nus devem ser instalados de forma que seu ponto mais baixo observe as seguintes alturas mínimas em relação ao solo:

- a) 5,50 m onde houver tráfego de veículos pesados;
- b) 4,50 m onde houver tráfego de veículos leves;
- c) 3,50 m onde houver passagem exclusiva de pedestres.

6.2.11.8.4 Os condutores nus devem ficar fora do alcance de janelas, sacadas, escadas, saídas de incêndio, terraços ou locais análogos. Para que esta prescrição seja satisfeita, os condutores devem atender a uma das condições seguintes:

- a) estar a uma distância horizontal igual ou superior a 1,20 m;
- b) estar acima do nível superior das janelas;
- c) estar a uma distância vertical igual ou superior a 3,50 m acima do piso de sacadas, terraços ou varandas;
- d) estar a uma distância vertical igual ou superior a 0,50 m abaixo do piso de sacadas, terraços ou varandas.

6.2.11.9 Linhas pré-fabricadas

6.2.11.9.1 As linhas pré-fabricadas não devem ser instaladas em locais contendo banheira ou chuveiro.

6.2.11.9.2 Os invólucros ou coberturas devem assegurar proteção contra contatos diretos em serviço normal. Devem possuir um grau de proteção no mínimo igual a IP2X e para sua abertura ou desmontagem deve ser respeitada uma das condições de 5.1.2.2.5.

6.3 Dispositivos de proteção, seccionamento e comando

6.3.1 Generalidades

As prescrições desta subseção complementam as regras comuns de 6.1.

6.3.2 Prescrições comuns

6.3.2.1 Quando um dispositivo seccionar todos os condutores vivos de um circuito com mais de uma fase, o sec-

cionamento do condutor neutro deve efetuar-se após ou virtualmente ao mesmo tempo que o dos condutores fase e o condutor neutro deve ser religado antes ou virtualmente ao mesmo tempo que os condutores fase.

6.3.2.2 Em circuitos com mais de uma fase não devem ser inseridos dispositivos unipolares no condutor neutro, à exceção do que é dito em 6.3.8.2.4.

6.3.2.3 Dispositivos que assegurem, ao mesmo tempo, mais de uma função, devem satisfazer a todas as prescrições previstas nesta subseção, para cada uma das funções.

6.3.3 Dispositivos de proteção contra os contatos indiretos por seccionamento automático da alimentação

6.3.3.1 Dispositivos de proteção a sobrecorrente

6.3.3.1.1 Esquema TN

No esquema TN, os dispositivos de proteção contra as sobrecorrentes devem ser selecionados e instalados de acordo com as prescrições de 5.1.3.1.4-d), 5.7.4.2, 5.7.4.3 e 6.3.4.3.

6.3.3.1.2 Esquema TT

No esquema TT, não se admite o emprego de dispositivo de proteção a sobrecorrente na proteção contra os contatos indiretos (ver 5.1.3.1.5-b)).

6.3.3.1.3 Esquemas IT

Quando as massas forem interligadas, os dispositivos de proteção contra a sobrecorrente, que asseguram a proteção no caso de uma segunda falta, devem ser selecionados conforme as prescrições de 5.1.3.1.4-g) e 5.7.4.2.

6.3.3.2 Dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivos DR)

6.3.3.2.1 As condições gerais de instalação devem obedecer às prescrições descritas a seguir:

a) os dispositivos DR devem garantir o seccionamento de todos os condutores vivos do circuito protegido. Nos esquema TN-S, o condutor neutro não precisa ser desconectado se as condições de alimentação forem tais que o neutro possa ser considerado ao seguramente ao potencial de terra;

b) o circuito magnético dos dispositivos DR deve envolver todos os condutores vivos do circuito, inclusive o neutro; por outro lado, o condutor de proteção correspondente deve passar exteriormente ao circuito magnético;

c) os dispositivos DR devem ser selecionados e os circuitos elétricos divididos de forma tal que as correntes de fuga à terra susceptíveis de circular durante o funcionamento normal das cargas alimentadas não possam provocar a atuação desnecessária do dispositivo;

NOTA - Os dispositivos DR podem operar para qualquer valor de corrente diferencial superior a 50% da corrente de disparo nominal.

d) quando equipamentos elétricos susceptíveis de produzir corrente contínua forem instalados a jusante de um dispositivo DR, devem ser tomadas precauções para que, em caso de falta à terra, as correntes contínuas não perturbem o funcionamento dos dispositivos DR nem comprometam a segurança;

e) o uso de dispositivos DR associados a circuitos desprovidos de condutor de proteção não é considerado como uma medida de proteção suficiente contra os contatos indiretos, mesmo se sua corrente de atuação for inferior ou igual a 30 mA.

6.3.3.2.2 A seleção dos dispositivos de acordo com seu modo de funcionamento deve obedecer às prescrições descritas a seguir:

a) os dispositivos DR podem ser do tipo com ou sem fonte auxiliar, observadas as prescrições da alínea b);

NOTA - A fonte auxiliar pode ser a própria rede de alimentação.

b) o uso de dispositivos DR com fonte auxiliar que não atuem automaticamente no caso de falha da fonte auxiliar é admitido somente se uma das duas condições seguintes for satisfeita:

- a proteção contra os contatos indiretos conforme 5.1.3.1 for assegurada por outros meios no caso de falha da fonte auxiliar;

- os dispositivos forem instalados em instalações operadas, ensaiadas e mantidas por pessoas advertidas (BA4) ou qualificadas (BA5), conforme a tabela 12.

6.3.3.2.3 No esquema TN, se para certos equipamentos ou para certas partes da instalação uma ou mais das condições enunciadas em 5.1.3.1.4 não puderem ser respeitadas, essas partes podem ser protegidas por dispositivo DR. Neste caso, as massas não precisam ser ligadas ao condutor de proteção do esquema TN, desde que sejam ligadas a um eletrodo de aterramento com resistência compatível com a corrente de atuação do dispositivo DR; o circuito assim protegido deve, então, ser tratado como sendo um esquema TT, sendo a ele aplicáveis as condições de 5.1.3.1.5. Todavia, se não existir nenhum eletrodo de aterramento eletricamente distinto, a ligação das massas ao condutor de proteção do esquema TN deve ser efetuada a montante do dispositivo DR.

6.3.3.2.4 No esquema TT, devem ser obedecidas as prescrições descritas a seguir:

a) na seleção dos dispositivos DR deve ser atendida a condição prescrita em 5.1.3.1.4-b), levando-se também em conta as possíveis variações sazonais da resistência do eletrodo de aterramento das massas (devido às variações da resistividade do solo);

b) se uma instalação for protegida por um único dispositivo DR, este deve ser colocado na origem da instalação, a menos que a parte da instalação compreendida entre a origem e o dispositivo não possua qualquer massa e satisfaça à medida de proteção pelo emprego de equipamentos classe II ou por apli-

cação de isolamento equivalente (ver 5.1.3.2).

6.3.3.2.5 No esquema IT, quando a proteção for assegurada por um dispositivo DR e se o seccionamento à primeira falta não for cogitado, a corrente diferencial-residual de não operação do dispositivo deve ser no mínimo igual à corrente que circula quando de uma primeira falta franca para a terra que afete um condutor fase.

6.3.3.3 Dispositivos supervisores de isolamento (abreviadamente, DSI)

O DSI previsto de acordo com 5.1.3.1.6-d) deve indicar qualquer redução significativa no nível de isolamento da instalação, para que a causa desta redução seja encontrada antes da ocorrência da segunda falta, evitando-se, assim, o desligamento da alimentação. Qualquer modificação no ajuste do DSI somente deve ser possível mediante liberação de mecanismo de bloqueio por pessoal autorizado.

6.3.4 Dispositivos de proteção contra sobrecorrentes

6.3.4.1 Disposições gerais

6.3.4.1.1 As bases de dispositivos fusíveis em que o porta-fusível é do tipo roscável devem ser ligadas de maneira que o contato central se encontre do lado da origem da instalação.

6.3.4.1.2 As bases de dispositivos fusíveis em que o porta-fusível é do tipo plugue devem ser dispostas de modo a excluir a possibilidade de se estabelecer, através de um porta-fusível, contatos entre partes condutoras pertencentes a duas bases vizinhas.

6.3.4.1.3 Os dispositivos fusíveis cujos fusíveis sejam susceptíveis de substituição por pessoas que não sejam nem advertidas (BA4) nem qualificadas (BA5), conforme a tabela 12, devem ser de um modelo que atenda às prescrições de segurança da NBR 11840. Os dispositivos fusíveis ou os dispositivos combinados comportando fusíveis susceptíveis de serem substituídos apenas por pessoas advertidas (BA4) ou qualificadas (BA5), conforme a tabela 12, devem ser instalados de tal maneira que os fusíveis possam ser retirados ou colocados sem qualquer risco de contato fortuito com partes vivas.

6.3.4.1.4 Os disjuntores que forem susceptíveis de serem operados por pessoas que não sejam nem advertidas (BA4) nem qualificadas (BA5), conforme a tabela 12, devem ser projetados ou instalados de modo a que não seja possível modificar o ajuste de seus disparadores de sobrecorrente sem uma ação voluntária que envolva o uso de chave ou ferramenta nem provocar indicações visíveis dessa modificação.

6.3.4.2 Seleção dos dispositivos de proteção contra sobrecargas

A corrente nominal ou de ajuste do dispositivo de proteção deve ser escolhida conforme 5.3.3.2. No caso de cargas cíclicas, os valores de I_n e de I_2 devem ser escolhidos com base nos valores de I_B e de I_2 para cargas constantes termicamente equivalentes às cargas cíclicas.

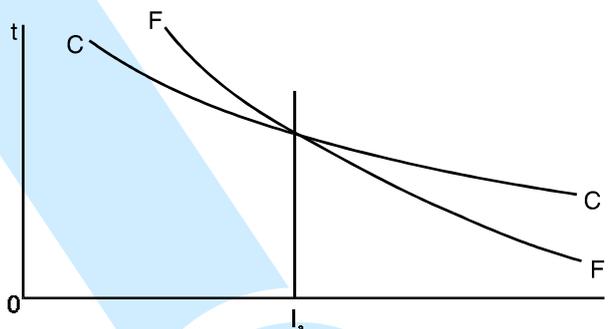
NOTA - Em certos casos, para evitar atuação indesejada, os valores de corrente de crista das cargas devem ser considerados.

6.3.4.3 Seleção dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos

Para aplicação das prescrições de 5.3 relativas aos curtos-circuitos de duração no máximo igual a 5 s, as condições seguintes devem ser respeitadas pelos dispositivos fusíveis e pelos disjuntores, considerando suas características:

a) dispositivos fusíveis. Para estes dispositivos, a seguinte condição deve ser cumprida:

- I_a (intersecção das curvas C e F, ver figura 10) deve ser igual ou inferior à corrente de curto-circuito mínima presumida;

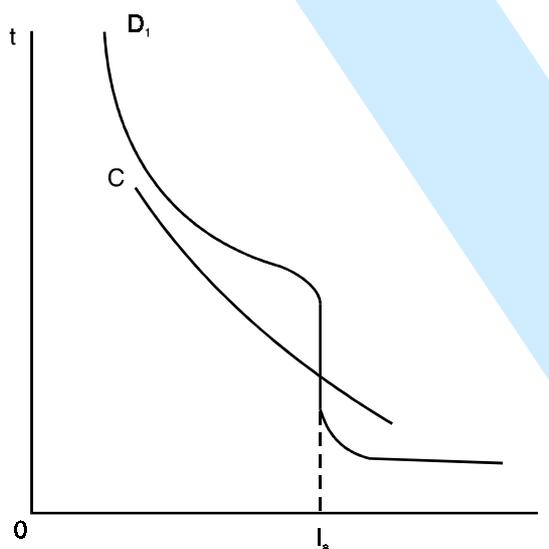


onde:

C é a curva corrente/tempo correspondente à solicitação térmica admissível nos condutores protegidos;

F é a curva de fusão do fusível (limite superior da zona de atuação).

Figura 10 - Valor mínimo de corrente de curto-circuito para circuitos protegidos por fusíveis



onde:

C é a curva corrente/tempo correspondente à solicitação térmica admissível nos condutores protegidos;

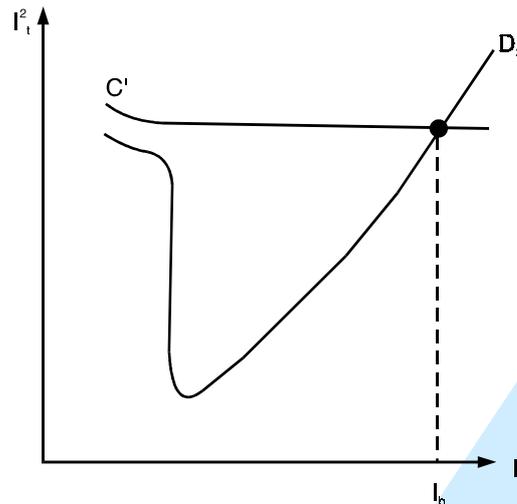
D_1 é a curva de atenuação do disjuntor.

Figura 11 - Valor mínimo de corrente de curto-circuito para circuitos protegidos por disjuntores

b) disjuntores. Para estes, duas condições devem ser cumpridas:

- I_a (intersecção das curvas C e D_1 , ver figura 11) deve ser igual ou inferior à corrente de curto-circuito mínima presumida;

- I_b (intersecção das curvas C' e D_2 , ver figura 12) deve ser no mínimo igual ou inferior à corrente de curto-circuito mínima presumida no ponto de instalação do disjuntor.



onde:

C' é a curva I^2t admissível dos condutores;

D_2 é a curva característica I^2t do disjuntor.

Figura 12 - Valor máximo de corrente de curto-circuito para circuitos protegidos por disjuntores

NOTAS (comuns a dispositivos fusíveis e a disjuntores)

1 Quando a característica de funcionamento (F na figura 10, ou D na figura 11) do dispositivo de proteção encontrar-se abaixo da curva C dos condutores para todos os tempos inferiores a 5 s, a corrente I_a é considerada igual à corrente de atuação do dispositivo de proteção em 5 s.

2 Para correntes de curto-circuito cuja duração seja superior a vários períodos, a integral de Joule I^2t do dispositivo de proteção pode ser calculada multiplicando-se o quadrado do valor eficaz da corrente de característica de funcionamento $I(t)$ do dispositivo de proteção pelo tempo de atuação t . Para correntes de curto-circuito de duração menor, deve-se fazer referência às características I^2t fornecidas pelo fabricante.

3 A corrente de curto-circuito mínima presumida é geralmente considerada igual à corrente de curto-circuito correspondente a um curto-circuito de impedância desprezível ocorrendo no ponto mais distante da linha protegida.

6.3.5 Dispositivos de proteção contra sobretensões

6.3.5.1 Se, pela avaliação de 5.4, for necessária a instalação de proteção contra sobretensão, a sua seleção deve respeitar os seguintes critérios:

a) quando utilizada a proteção em cascata, deve ser efetuada a coordenação adequada, entre os vários estágios, da tensão nominal e da corrente de descarga dos dispositivos de proteção contra sobretensões em geral, desde a origem da instalação até aos equipamentos a serem protegidos;

NOTA - Quando necessário, podem ser instalados filtros ou impedâncias para efeito de coordenação de tensão e corrente entre os estágios.

b) quando as características dos equipamentos o exigirem, devem ser instalados também dispositivos de proteção contra sobretensões apropriados, tais como supressores entre as linhas;

c) a tensão nominal (ou máxima tensão de operação em serviço contínuo) dos dispositivos de proteção contra sobretensões, bem como tensão residual dos de tipo não curto-circuitante, devem ser superiores à máxima tensão entre a terra da instalação, e os condutores de fase, ou de sinal;

d) no caso de dispositivos de proteção contra sobretensões cujas características não impeçam a sua explosão, princípio de incêndio ou outros efeitos danosos, deve ser prevista a proteção do dispositivo contra sobrecorrentes e/ou sobreaquecimento;

e) os dispositivos de proteção contra sobretensões devem ser de tipo não curto-circuitante para proteger o sistema de energia;

NOTA - Excepcionalmente podem ser utilizados dispositivos do tipo curto-circuitante, desde que haja proteção contra sobrecorrente devidamente coordenada.

f) para os sistemas de sinal, os dispositivos de proteção contra sobretensões devem ser do tipo curto-circuitante, quando externos ao equipamento.

6.3.5.2 Os dispositivos de proteção contra sobretensões devem ser instalados na origem da instalação. Devem ser ligados:

a) no esquema TN, entre cada condutor fase e o terminal de aterramento principal;

b) no esquema TT, entre cada condutor ativo (fases e neutro) e o terminal de aterramento principal;

c) no esquema IT, admitindo o neutro não distribuído, entre cada condutor fase e o terminal de aterramento principal.

NOTAS

1 No caso de instalações alimentadas por rede de distribuição em baixa tensão, quando houver na origem um eletrodo de aterramento distinto do da edificação, porém ligado ao terminal de aterramento principal, admite-se ligar os dispositivos de proteção contra sobretensões entre cada condutor fase (esquema TN), ou entre cada condutor ativo (esquema TT), e um terminal local ligado ao eletrodo de aterramento da origem da instalação.

2 Não é aconselhável, em princípio, prever equipamentos de tecnologia da informação (ver 6.4.8) em instalações com esquema TT ou IT.

3 Os dispositivos de proteção contra sobretensões devem ser instalados a jusante do dispositivo de seccionamento, mas a montante do dispositivo DR.

4 Na eventualidade de serem os dispositivos de proteção contra sobretensões instalados a jusante de um dispositivo DR, este dispositivo deverá ser tipo S.

6.3.5.3 Se necessário, os dispositivos de proteção contra sobretensões suplementares podem ser instalados ao longo da instalação e principalmente junto ao equipamento a ser protegido, ligados entre o condutor PE e os condutores das linhas vindas do exterior da edificação, tanto de energia, como de sinal, se metálicas.

NOTA - Os dispositivos de proteção contra sobretensões suplementares devem ser ligados entre cada fase e neutro e entre neutro e condutor de proteção, e/ou entre cada fase e o condutor de proteção e entre o neutro e o condutor de proteção.

6.3.5.4 Um único conjunto de dispositivo de proteção contra sobretensões instalado na origem da instalação pode proteger vários circuitos a jusante.

NOTAS

1 Para sistemas de baixa tensão de 60 Hz com até 127 V nominal à terra, devem-se utilizar dispositivos de proteção contra sobretensões do tipo não curto-circuitante, como pára-raios secundários, com tensão contínua/nominal 175 V, tensões de referência/proteção e residual com valor máximo de crista de 700 V, e corrente nominal de 10 kA (ou 20 kA nas áreas críticas).

2 Para sistemas de baixa tensão de 60 Hz com até 220 V nominal à terra, devem-se utilizar dispositivos de proteção contra sobretensões de tipo não curto-circuitante, como pára-raios secundários, com tensão contínua/nominal 280 V, tensões de referência/proteção e residual com valor máximo de crista de 700 V, com corrente nominal 10 kA (ou 20 kA nas áreas críticas).

3 Para linhas elétricas de sinal, devem-se utilizar dispositivos de proteção de tipo curto-circuitante, como centelhador (recomenda-se o tipo tripolar/balanceado), com tensão disruptiva entre 300 V e 500 V, em corrente contínua, e capacidade mínima de corrente de 10 kA (ou 20 kA nas áreas críticas), com onda de 8/20 μ s, e corrente mínima de 10 A (ou 20 A nas áreas críticas) sob 60 Hz por 1 s. Para equipamentos com circuito de sinal aterrado pode ser utilizado centelhador bipolar ou tripolar/balanceado com tensão disruptiva entre 200 V e 500 V, em corrente contínua, com ou sem os protetores de sobrecorrentes de 150 mA nominal, integrados. Nos condutores contidos em um cabo com blindagem aterrada podem ser utilizados centelhadores de 5 kA.

6.3.5.5 Os condutores de energia e de sinal que entram na edificação devem convergir, sempre que possível, para

um mesmo ponto. A partir deste ponto, as linhas de energia e de sinal devem seguir, sempre que possível, traçados próximos, paralelos, em condutos separados. No caso de equipamentos de tecnologia da informação (ver 6.4.8), é recomendável que quaisquer condutos fechados sejam de material ferromagnético, aterrados e com continuidade elétrica assegurada.

6.3.5.6 Quando a distância entre a origem da instalação e o quadro de entrada da edificação ultrapassar 10 m, e a origem estiver fora da zona de influência da ligação equipotencial principal da edificação, a entrada da edificação deve ser considerada como origem efetiva da instalação. Portanto, todas as considerações referidas no seguimento devem ser aí efetuadas, sem entretanto deixar de executar também na origem formal da instalação, como um sistema independente.

NOTA - A interligação entre o terminal de aterramento da origem da instalação e o terminal de aterramento principal deve ser realizada pelo condutor PEN.

6.3.5.7 O condutor de terra de proteção PE deve ser instalado junto com os condutores de energia correspondentes, até aos pontos servidos, porém, para instalações extensas, o PE deve ser multiaterrado localmente às armações estruturais.

6.3.5.8 O condutor de proteção PE deve ser utilizado como a referência de potencial para aterramento dos equipamentos e dos supressores de sobretensão locais, tanto para a instalação de energia como de sinal.

NOTA - Todas as ligações de aterramento (incluindo as dos dispositivos de proteção contra sobretensões) referentes a cada equipamento devem ser tão curtas e retilíneas quanto possível e convergir em um mesmo ponto do PE.

6.3.5.9 Quando viável, é preferível utilizar equipamentos de tecnologia da informação alimentados entre fases, em vez de entre fase e neutro. Neste caso os dispositivos de proteção contra sobretensões do tipo não curto-circuitante, se necessários, devem ser ligados entre cada fase e o condutor PE, ou entre cada fase e o terminal "terra" do equipamento.

6.3.5.10 Quando os equipamentos de tecnologia da informação são alimentados entre fase e neutro, os dispositivos de proteção contra sobretensões, se necessários, devem ser do tipo supressores de sobretensão e ligados entre fase e neutro e entre o neutro e o condutor PE, ou entre o neutro e o terminal de "terra", do equipamento.

6.3.5.11 Os dispositivos destinados à proteção contra sobretensões provenientes dos condutores mencionados em 5.4.3.1-e) devem ser instalados no ponto de entrada ou de saída (dos condutores) da edificação. O terminal "terra" dos dispositivos deve ser ligado a um terminal de aterramento próximo, interligado a uma armadura de aço local da edificação, com o traçado mais curto e retilíneo possível, diretamente ou através de um condutor de proteção.

6.3.5.12 As proteções metálicas dos cabos de sinal vindos do exterior da edificação devem ser interligadas, podendo, em casos específicos, como ocorrência de ruído excessivo na linha e/ou controle de corrosão eletrolítica,

a interligação ser efetuada através de dispositivos de proteção contra sobretensões de tipo curto-circuitante (centelhadores):

- a) na origem da instalação, ao terminal de aterramento principal;
- b) no caso mencionado em 5.4.3.1-e), ao terminal de aterramento próximo ligado às armaduras de aço local da edificação.

NOTAS

1 Pode ser aplicado o mesmo procedimento contra ruídos nas interligações internas e externas da edificação, apenas em uma das extremidades dos cabos.

2 Para as proteções metálicas dos cabos de sinal, devem ser utilizados dispositivos de proteção do tipo curto-circuitante, como centelhador, com tensão disruptiva entre 200 V e 300 V, em corrente contínua, e capacidade mínima de corrente de 10 kA (20 kA, nas áreas críticas) com onda de 8/20 μ s e corrente mínima de 10 A (ou 20 A nas áreas críticas) sob 60 Hz por 1 s.

6.3.5.13 Os equipamentos de sinal com circuito de baixa impedância para a terra devem ser providos, além de dispositivos de proteção contra sobretensões na origem da instalação, também de limitadores de sobrecorrente adequados aos equipamentos, os quais podem estar instalados na origem da instalação ou se constituir em parte integrante deste equipamento.

6.3.5.14 Em uma instalação com edificações separadas, devem ser aplicadas as prescrições anteriores a cada edificação.

NOTA - Quando existirem cabos de sinal interligando edificações, os terminais de aterramento principal, ou terminais de aterramento próximo ligados às armaduras de aço local da edificação, devem ser interligados com condutores de equipotencialidade (cabo guarda) adequados que acompanhem o traçado dos cabos de sinal.

6.3.6 Dispositivos de proteção contra quedas e faltas de tensão

Por ocasião da seleção dos dispositivos de proteção contra quedas e faltas de tensão, devem ser satisfeitas as prescrições de 5.1.1 e 5.7.6.

6.3.6.1 Os dispositivos de proteção contra quedas e faltas de tensão devem ser escolhidos, por exemplo, entre os seguintes:

- a) relés de subtensão atuando sobre contadores ou disjuntores;
- b) contadores providos de contato de auto-alimentação.

6.3.6.2 Os dispositivos de proteção contra quedas e faltas de tensão podem ser retardados se o funcionamento do equipamento protegido puder admitir, sem inconvenientes, uma falta ou queda de tensão de curta duração.

6.3.6.3 Se forem usados contadores, a abertura retardada e o restabelecimento não devem, em qualquer caso, impedir o seccionamento instantâneo devido à atuação de outros dispositivos de comando e proteção.

6.3.6.4 Quando o restabelecimento de um dispositivo de proteção for susceptível de criar uma situação de perigo, o restabelecimento não deve ser automático.

6.3.7 Coordenação entre diferentes dispositivos de proteção

6.3.7.1 Seletividade entre dispositivos de proteção contra sobrecorrentes

NOTA - Quando dois ou mais dispositivos de proteção forem colocados em série e quando a segurança ou as necessidades de utilização o justificarem, suas características de funcionamento devem ser escolhidas de forma a somente seccionar a parte da instalação onde ocorreu a falta.

6.3.7.1.1 A seletividade entre dispositivos de proteção a sobrecorrente deve ser obtida comparando-se suas características de funcionamento e verificando-se que, para qualquer corrente de falta, o tempo de atuação do dispositivo mais próximo da fonte seja superior ao do mais distante.

6.3.7.2 Associação entre dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual e dispositivos de proteção contra sobrecorrentes

6.3.7.2.1 Quando um dispositivo DR for incorporado ou associado a um dispositivo de proteção contra sobrecorrentes, as características do conjunto de dispositivos (capacidade de interrupção, características de operação em relação à corrente nominal) devem satisfazer às prescrições de 5.3.3, 5.3.4, 6.3.4.2 e 6.3.4.3.

6.3.7.2.2 Quando um dispositivo DR não for incorporado nem associado a um dispositivo de proteção contra sobrecorrentes:

- a) a proteção contra as sobrecorrentes deve ser assegurada por dispositivos de proteção apropriados, conforme as prescrições de 5.7.4; e
- b) o dispositivo DR deve poder suportar, sem danos, as solicitações térmicas e dinâmicas a que for submetido em caso de curto-circuito a jusante de seu local de instalação.

O dispositivo DR não deve ser danificado nessas condições de curto-circuito, mesmo se ele vier a abrir-se (em virtude de um desequilíbrio de corrente ou de um desvio de corrente para a terra).

NOTA - As solicitações mencionadas dependem do valor da corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação do DR e das características de atuação do dispositivo que assegura a proteção contra curtos-circuitos.

6.3.7.3 Seletividade entre dispositivos DR

6.3.7.3.1 A seletividade entre dispositivos DR em série pode ser exigida por razões de serviço, notadamente quando a segurança está envolvida, de modo a manter a alimentação de partes da instalação não afetadas por uma falta eventual.

6.3.7.3.2 Para assegurar a seletividade entre dois dispositivos DR em série, estes dispositivos devem satisfazer simultaneamente às seguintes condições:

- a) a característica tempo-corrente de não atuação do dispositivo DR a montante deve ficar acima da característica tempo-corrente de operação total do dispositivo DR a jusante, e
- b) o valor nominal de corrente de operação do dispositivo DR localizado a montante deve ser maior do que do dispositivo a jusante.

6.3.8 Dispositivos de seccionamento e de comando

6.3.8.1 Generalidades

Todo dispositivo de seccionamento ou de comando conforme 5.6.3 a 5.6.6 deve satisfazer às especificações correspondentes. Se um dispositivo é utilizado para mais de uma função, ele deve satisfazer às prescrições de cada uma de suas funções.

NOTA - Em certos casos podem ser necessárias prescrições complementares para as funções combinadas.

6.3.8.2 Dispositivos de seccionamento

6.3.8.2.1 Os dispositivos de seccionamento devem seccionar efetivamente todos os condutores vivos de alimentação do circuito considerado, levando-se em conta as disposições de 5.6.2.2. Os equipamentos utilizados para o seccionamento devem satisfazer às prescrições desde a alínea a) a seguir até 6.3.8.2.5:

a) a distância de abertura entre os contatos do dispositivo deve ser visível ou ser clara e confiavelmente indicada pela marcação "Desligado" ou "Ligado". Tal indicação deve aparecer somente quando a distância de abertura entre os contatos de abertura for atendida em todos os pólos do dispositivo;

NOTA - Essa marcação prescrita pode ser realizada pela utilização dos símbolos "O" e "I", indicando, respectivamente, as posições aberta e fechada.

b) os dispositivos a semicondutores não devem ser utilizados como dispositivos de seccionamento.

6.3.8.2.2 Os dispositivos de seccionamento devem ser projetados e instalados de modo a impedir qualquer restabelecimento inadvertido.

NOTA - Um tal estabelecimento pode ser provocado, por exemplo, por choques mecânicos ou por vibrações.

6.3.8.2.3 Devem ser tomadas precauções para proteger os dispositivos de seccionamento apropriados para abertura sem carga contra aberturas acidentais ou desautorizadas.

NOTA - Isso pode ser conseguido colocando-se o dispositivo em um local ou invólucro fechado a chave. Uma outra solução seria a de intertravar o dispositivo de seccionamento com outro apropriado para abertura sob carga.

6.3.8.2.4 O seccionamento deve ser garantido por dispositivo multipolar que seccione todos os pólos da alimentação correspondente.

NOTA - O seccionamento pode, por exemplo, ser realizado por meio de:

- a) seccionadores, interruptores-seccionadores;
- b) tomadas de corrente;
- c) fusíveis (retirada de);
- d) barras;

e) terminais especialmente concebidos, que não exijam a retirada de condutores;

f) dispositivos de comando, contadores.

6.3.8.2.5 Os dispositivos utilizados para seccionamento devem ser claramente identificados, por exemplo por meio de marcas para indicar os circuitos seccionados.

6.3.8.3 Dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica

6.3.8.3.1 Os dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica devem, de preferência, ser dispostos no circuito principal de alimentação. Quando forem previstos interruptores para essa função, eles devem poder seccionar a corrente de plena carga da parte correspondente da instalação. Eles não precisam, necessariamente, seccionar todos os condutores vivos. A interrupção do circuito de comando, por exemplo de um motor, é permitida somente,

- se seguranças complementares, por exemplo, intertravamento mecânico,

- ou se as especificações IEC ou das normas brasileiras dos dispositivos de comando utilizados

garantirem uma condição equivalente ao seccionamento direto da alimentação principal.

NOTA - O seccionamento para manutenção mecânica pode, por exemplo, ser realizado por meio de:

a) interruptores multipolares;

b) disjuntores;

c) dispositivos de comando que possam ser travados na posição aberta, atuando sobre os contadores;

d) tomadas de corrente.

6.3.8.3.2 Os dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica, ou os respectivos dispositivos de comando, devem ser de operação manual. A distância de abertura entre os contatos do dispositivo deve ser visível ou ser clara e confiavelmente indicada pela marcação "Desligado" ou "Ligado". Tal indicação deve aparecer somente quando a posição "Desligado" ou "Ligado" for alcançada em todos os pólos do dispositivo.

NOTA - Essa marcação pode ser realizada pela utilização dos símbolos "O" e "I", indicando, respectivamente, as posições aberta e fechada.

6.3.8.3.3 Os dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica devem ser concebidos e/ou instalados de modo a impedir qualquer restabelecimento inadvertido.

NOTA - Um tal restabelecimento pode ser provocado, por exemplo, por choques mecânicos ou por vibrações.

6.3.8.3.4 Os dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica devem ser localizados de modo a ser facilmente identificados e devem ser adequados ao uso previsto.

6.3.8.4 Dispositivos de seccionamento de emergência (incluindo parada de emergência)

6.3.8.4.1 Os dispositivos de seccionamento de emergência devem poder interromper a corrente de plena carga da parte correspondente da instalação, levando em conta, eventualmente, correntes de rotor travado.

6.3.8.4.2 Os dispositivos de seccionamento de emergência podem ser constituídos por:

- a) um dispositivo de seccionamento capaz de interromper diretamente a alimentação apropriada; ou
- b) uma combinação de dispositivos, desde que acionados por uma única operação que interrompa a alimentação apropriada.

NOTAS

1 No caso de parada de emergência, pode ser necessário manter a alimentação, por exemplo, para a frenagem de partes móveis.

2 O seccionamento de emergência pode, por exemplo, ser efetuado por:

- interruptores no circuito principal;
- botoeiras ou dispositivos similares nos circuitos de comando (circuitos auxiliares).

6.3.8.4.3 Os dispositivos de seccionamento a comando manual devem, de preferência, ser escolhidos para o seccionamento direto do circuito principal. Os disjuntores, contadores, etc. acionados por comando a distância devem se abrir quando interrompida a alimentação das bobinas, ou outras técnicas que apresentem segurança equivalente devem ser utilizadas.

6.3.8.4.4 Os elementos de comando (punhos, botoeiras, etc.) dos dispositivos de seccionamento de emergência devem ser claramente identificados, de preferência pela cor vermelha contrastando com o fundo amarelo.

6.3.8.4.5 Os elementos de comando devem ser facilmente acessíveis a partir dos locais onde possa ocorrer um perigo e, quando for o caso, de qualquer outro local de onde um perigo possa ser eliminado à distância.

6.3.8.4.6 Os elementos de comando de um dispositivo de seccionamento de emergência devem poder ser travados na posição aberta do dispositivo, a menos que esses elementos e os de reenergização do circuito estejam sob o controle da mesma pessoa.

NOTA - A liberação de um seccionamento de emergência não deve realimentar a parte correspondente da instalação.

6.3.8.4.7 Os dispositivos de seccionamento de emergência, inclusive os de parada de emergência, devem ser localizados e marcados de modo tal que possam ser facilmente identificados e adequados para o uso previsto.

6.3.8.5 Dispositivos de comando funcional

6.3.8.5.1 Os dispositivos de comando funcional devem ter características apropriadas às condições mais severas sob as quais possam funcionar.

6.3.8.5.2 Os dispositivos de comando funcional podem apenas interromper a corrente sem necessariamente abrir os pólos correspondentes.

NOTAS

1 Os dispositivos de comando a semicondutores são exemplos de dispositivos capazes de interromper a corrente em um circuito sem abrir os pólos correspondentes.

2 O comando funcional pode, por exemplo, ser realizado por meio de:

- interruptores;
- dispositivos a semicondutores;
- disjuntores;
- contadores;
- telerruptores;
- tomadas de corrente com corrente nominal igual ou inferior a 16 A.

6.3.8.5.3 Os seccionadores, os dispositivos fusíveis e as barras não devem ser utilizados para comando funcional.

6.4 Aterramento e condutores de proteção

6.4.1 Generalidades

6.4.1.1 As características e a eficácia dos aterramentos devem satisfazer às prescrições de segurança das pessoas e funcionais da instalação.

6.4.1.2 O valor da resistência de aterramento deve satisfazer às condições de proteção e de funcionamento da instalação elétrica, de acordo com o esquema de aterramento utilizado (ver 5.1.3).

6.4.2 Ligações à terra

6.4.2.1 Aterramento

6.4.2.1.1 Qualquer que seja sua finalidade (proteção ou funcional) o aterramento deve ser único em cada local da instalação.

NOTA - Para casos específicos de acordo com as prescrições da instalação, podem ser usados separadamente, desde que sejam tomadas as devidas precauções.

6.4.2.1.2 A seleção e a instalação dos componentes dos aterramentos devem ser tais que:

- a) o valor da resistência de aterramento obtida não se modifique consideravelmente ao longo do tempo;
- b) resistam às solicitações térmicas, termomecânicas e eletromecânicas;
- c) sejam adequadamente robustos ou possuam proteção mecânica apropriada para fazer face às condições de influências externas (ver 4.3).

6.4.2.1.3 Devem ser tomadas precauções para impedir danos aos eletrodos e a outras partes metálicas por efeitos de eletrólise.

6.4.2.2 Eletrodos de aterramento

6.4.2.2.1 O eletrodo de aterramento preferencial em uma edificação é o constituído pelas armaduras de aço embutidas no concreto das fundações das edificações.

NOTAS

1 A experiência tem demonstrado que as armaduras de aço das estacas, dos blocos de fundação e das vigas baldrame, interligadas nas condições correntes de execução, constituem um eletrodo de aterramento de excelentes características elétricas.

2 As armaduras de aço das fundações, juntamente com as demais armaduras do concreto da edificação, podem constituir, nas condições prescritas pela NBR 5419, o sistema de proteção contra descargas atmosféricas (aterramento e gaiola de Faraday, completado por um sistema captor).

3 Em geral os elementos em concreto protendido não devem integrar o sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

6.4.2.2.2 No caso de fundações em alvenaria, o eletrodo de aterramento pode ser constituído por uma fita de aço ou barra de aço de construção, imersa no concreto das fundações, formando um anel em todo o perímetro da estrutura. A fita deve ter no mínimo 100 mm² de seção e 3 mm de espessura e deve ser disposta na posição vertical. A barra deve ter no mínimo 95 mm² de seção. A barra ou fita deve ser envolvida por uma camada de concreto com espessura mínima de 5 cm.

6.4.2.2.3 Quando o aterramento pelas fundações não for praticável, podem ser utilizados os eletrodos de aterramento convencionais, indicados na tabela 47, observando-se que:

a) o tipo e a profundidade de instalação dos eletrodos de aterramento devem ser tais que as mudanças nas

condições do solo (por exemplo, secagem) não aumentem a resistência do aterramento dos eletrodos acima do valor exigido;

b) o projeto do aterramento deve considerar o possível aumento da resistência de aterramento dos eletrodos devido à corrosão.

NOTAS

1 Preferencialmente, o eletrodo de aterramento deve constituir um anel circundando o perímetro da edificação.

2 A eficiência de qualquer eletrodo de aterramento depende das condições locais do solo; devem ser selecionados um ou mais eletrodos adequados às condições do solo e ao valor da resistência de aterramento exigida pelo esquema de aterramento adotado. O valor da resistência de aterramento do eletrodo de aterramento pode ser calculado ou medido (ver 7.3.6.2).

6.4.2.2.4 Não devem ser usados como eletrodo de aterramento canalizações metálicas de fornecimento de água e outros serviços, o que não exclui a ligação equipotencial de que trata 5.1.

6.4.2.3 Condutores de aterramento

6.4.2.3.1 Os condutores de aterramento devem atender às prescrições gerais de 6.4.3.1.

6.4.2.3.2 Quando o condutor de aterramento estiver enterrado no solo, sua seção mínima deve estar de acordo com a tabela 48.

Tabela 47 - Eletrodos de aterramento convencionais

Tipo de eletrodo	Dimensões mínimas	Observações
Tubo de aço zincado	2,40 m de comprimento e diâmetro nominal de 25 mm	Enterramento totalmente vertical
Perfil de aço zincado	Cantoneira de 20 mm x 20 mm x 3 mm com 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de aço zincado	Diâmetro de 15 mm com 2,00 m ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de aço revestida de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 m ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 m ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Fita de cobre	25 mm ² de seção, 2 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m Largura na posição vertical
Fita de aço galvanizado	100 mm ² de seção, 3 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m Largura na posição vertical
Cabo de cobre	25 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m Posição horizontal
Cabo de aço zincado	95 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m Posição horizontal
Cabo de aço cobreado	50 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m Posição horizontal

Tabela 48 - Seções mínimas convencionais de condutores de aterramento

	Protegido mecanicamente	Não protegido mecanicamente
Protegido contra corrosão	De acordo com 6.4.3.1	Cobre: 16 mm ² Aço: 16 mm ²
Não protegido contra corrosão	Cobre: 16 mm ² (solos ácidos) 25 mm ² (solos alcalinos) Aço: 50 mm ²	

6.4.2.3.3 Quando o eletrodo de aterramento estiver embutido nas fundações (ver 6.4.2.2.1 e 6.4.2.2.2), a ligação ao eletrodo deve ser realizada diretamente, por solda elétrica, à armadura do concreto mais próxima, com seção não inferior a 50 mm², preferencialmente com diâmetro não inferior a 12 mm, ou ao ponto mais próximo do anel (fita ou barra) embutido nas fundações. Em ambos os casos, deve ser utilizado um condutor de aço com diâmetro mínimo de 12 mm, ou uma fita de aço de 25 mm x 4 mm. Com o condutor de aço citado, acessível fora do concreto, a ligação à barra ou condutor de cobre para utilização deve ser feita por solda exotérmica ou por processo equivalente do ponto de vista elétrico e da corrosão.

Em alternativa podem-se usar acessórios específicos de aperto mecânico para derivar o condutor de tomada de terra diretamente da armadura do concreto, ou da barra de aço embutida nas fundações, ou ainda do condutor de aço derivado para o exterior do concreto.

NOTA - O condutor de aço que deriva para o exterior do concreto deve ser adequadamente protegido contra corrosão.

6.4.2.3.4 Na execução da ligação de um condutor de aterramento a um eletrodo de aterramento deve-se garantir a continuidade elétrica e a integridade do conjunto.

6.4.2.4 Terminal de aterramento principal

6.4.2.4.1 Em qualquer instalação deve ser previsto um terminal ou barra de aterramento principal e os seguintes condutores devem ser a ele ligados:

- a) condutor de aterramento;
- b) condutores de proteção principais;
- c) condutores de equipotencialidade principais;
- d) condutor neutro, se disponível;
- e) barramento de equipotencialidade funcional (ver 6.4.8.5), se necessário;
- f) condutores de equipotencialidade ligados a eletrodos de aterramento de outros sistemas (por exemplo, SPDA).

NOTAS

1 O terminal de aterramento principal realiza a ligação equipotencial principal (ver 5.1.3.1.1).

2 Nas instalações alimentadas diretamente por rede de distribuição pública em baixa tensão, que utilizem o esquema TN, o condutor neutro deve ser ligado ao terminal ou barra de aterramento principal diretamente ou através de terminal ou barramento de aterramento local.

3 Nas instalações alimentadas diretamente por rede de distribuição pública em baixa tensão, que utilizem o esquema TT, devem ser previstos dois terminais ou barras de aterramento separados, ligados a eletrodos de aterramento eletricamente independentes, quando possível, um para o aterramento do condutor neutro e o outro constituindo o terminal de aterramento principal propriamente dito.

4 Os condutores de equipotencialidade destinados à ligação de eletrodos de aterramento de SPDA devem ser dimensionados segundo a NBR 5419.

6.4.2.4.2 Quando forem utilizados eletrodos de aterramento convencionais, deve ser previsto, em local acessível, um dispositivo para desligar o condutor de aterramento. Tal dispositivo deve ser combinado ao terminal ou barra de aterramento principal, de modo a permitir a medição da resistência de aterramento do eletrodo, ser somente desmontável com o auxílio de ferramenta, ser mecanicamente resistente e garantir a continuidade elétrica.

6.4.3 Condutores de proteção

NOTAS

1 Para condutores de aterramento, ver 6.4.2.3.

2 Para condutores de equipotencialidade, ver 6.4.7.

3 Um condutor de proteção pode ser comum a vários circuitos de distribuição ou terminais, quando estes estiverem contidos em um mesmo conduto.

6.4.3.1 Seções mínimas

A seção dos condutores de proteção deve ser:

- a) calculada de acordo com 6.4.3.1.1; ou
- b) selecionada de acordo com 6.4.3.1.2.

NOTAS

1 Em ambos os casos devem ser consideradas as restrições de 6.4.3.1.3.

2 A instalação deve ser preparada de forma que os terminais dos equipamentos sejam capazes de aceitar os condutores de proteção.

6.4.3.1.1 A seção não deve ser inferior ao valor determinado pela expressão seguinte (aplicável apenas para

tempos de atuação dos dispositivos de proteção que não excedam 5 s):

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

Onde:

S é a seção do condutor, em milímetros quadrados;

I é o valor (eficaz) da corrente de falta que pode circular pelo dispositivo de proteção, para uma falta direta, em ampères;

t é o tempo de atuação do dispositivo de proteção, em segundos;

NOTA - Deve ser levado em conta o efeito de limitação de corrente das impedâncias do circuito, bem como a capacidade limitadora (integral de Joule) do dispositivo de proteção.

k é o fator que depende do material do condutor de proteção, de sua isolação e outras partes e das temperaturas inicial e final.

As tabelas 49, 50, 51 e 52 dão os valores de k para condutores de proteção em diferentes condições de uso ou

serviço. Se, ao ser aplicada a expressão, forem obtidos valores não padronizados, devem ser utilizados condutores com a seção normalizada imediatamente superior.

NOTAS

1 É necessário que a seção calculada seja compatível com as condições impostas pela impedância do percurso da corrente de falta.

2 Para limitações de temperatura em atmosferas explosivas, ver IEC-79-0.

3 Devem ser levadas em conta as temperaturas máximas admissíveis para as ligações.

6.4.3.1.2 A seção do condutor de proteção pode, opcionalmente ao método de cálculo de 6.4.3.1.1, ser determinada através da tabela 53. Se a aplicação da tabela conduzir a valores não padronizados, devem ser usados condutores com a seção normalizada mais próxima. Os valores da tabela 53 são válidos apenas se o condutor de proteção for constituído do mesmo metal que os condutores fase. Caso não seja, sua seção deve ser determinada de modo que sua condutância seja equivalente à da seção obtida pela tabela.

Tabela 49 - Valores de k para condutores de proteção providos de isolação não incorporados em cabos multipolares ou condutores de proteção nus em contato com a cobertura de cabos

Material do condutor	Isolação ou cobertura protetora	
	PVC	EPR ou XLPC
Cobre	143	176
Alumínio	95	116
Aço	52	64

NOTAS

1 A temperatura inicial considerada é de 30°C.

2 A temperatura final do condutor é considerada igual a 160°C para o PVC e a 250°C para o EPR e o XLPE.

Tabela 50 - Valores de k para condutores de proteção que sejam veia de cabos multipolares

Material do condutor	Isolação ou cobertura protetora	
	PVC	EPR ou XLPC
Cobre	115	143
Alumínio	76	94

NOTAS

1 A temperatura inicial do condutor é considerada igual a 70°C para o PVC e a 90°C para o EPR e o XLPE.

2 A temperatura final do condutor é considerada igual a 160°C para o PVC e a 250°C para o EPR e o XLPE.

Tabela 51 - Valores de k para condutores de proteção que sejam capa ou armação de cabo

Material do condutor	Isolação ou cobertura protetora	
	PVC	EPR ou XLPC
Aço Aço/Cobre Alumínio Chumbo	(Ainda não normalizados)	

Tabela 52 - Valores de k para condutores de proteção nus onde não haja risco de dano em qualquer material vizinho pelas temperaturas indicadas

Material do condutor		Condições		
		Visível e em áreas restritas ¹⁾	Condições normais	Risco de incêndio
Cobre	Temperatura máxima	500°C	200°C	150°C
	k	228	159	138
Alumínio	Temperatura máxima	300°C	200°C	150°C
	k	125	105	91
Aço	Temperatura máxima	500°C	200°C	150°C
	k	82	58	50

¹⁾ As temperaturas indicadas são válidas apenas quando não puderem prejudicar a qualidade das ligações.

NOTA - A temperatura inicial considerada é de 30°C.

Tabela 53 - Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores fase da instalação S (mm ²)	Seção mínima do condutor de proteção correspondente S _p (mm ²)
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2

6.4.3.1.3 A seção de qualquer condutor de proteção que não faça parte do mesmo cabo ou do mesmo invólucro que os condutores vivos deve ser, em qualquer caso, não inferior a:

- a) 2,5 mm² se possuir proteção mecânica;
- b) 4 mm² se não possuir proteção mecânica.

NOTA - Ver também 6.2, no que se refere à escolha e instalação dos condutores em função das influências externas.

6.4.3.2 Tipos de condutores de proteção

NOTA - Para a seleção e instalação dos vários tipos de condutores de proteção, devem ser levadas em conta, em conjunto, as prescrições de 6.2 e 6.4.

6.4.3.2.1 Podem ser usados como condutores de proteção:

- a) veias de cabos multipolares;

b) condutores isolados, cabos unipolares ou condutores nus em um conduto comum aos condutores vivos;

c) condutores isolados, cabos unipolares ou condutores nus independentes;

d) proteções metálicas ou blindagens de cabos;

e) eletrodutos metálicos e outros condutos metálicos;

f) certos elementos condutores estranhos à instalação.

6.4.3.2.2 Quando a instalação contiver linhas pré-fabricadas (barramentos blindados) com invólucros metálicos, tais invólucros podem ser usados como condutores de proteção se satisfizerem simultaneamente às três prescrições seguintes:

- a) sua continuidade elétrica deve estar assegurada e de forma a estar protegida contra deteriorações mecânicas, químicas ou eletroquímicas;

b) sua condutância seja pelo menos igual à resultante da aplicação de 6.4.3.1;

c) devem permitir a ligação de outros condutores de proteção em todos os pontos de derivação predeterminados.

6.4.3.2.3 As proteções metálicas ou blindagens de cabos, bem como os eletrodutos e outros condutos metálicos, podem ser usados como condutores de proteção dos respectivos circuitos se satisfizerem às prescrições a) e b) de 6.4.3.2.2.

6.4.3.2.4 Elementos condutores estranhos à instalação podem ser usados como condutores de proteção se satisfizerem a todas as prescrições seguintes:

a) sua continuidade elétrica deve estar assegurada, por construção ou por ligações adequadas, e de forma a estar protegida contra deteriorações mecânicas, químicas e eletroquímicas;

b) sua condutância seja pelo menos igual à resultante da aplicação de 6.4.3.1;

c) seu traçado seja o mesmo dos circuitos correspondentes;

d) só devem poder ser desmontados se forem previstas medidas compensadoras;

e) sua aplicação a esse uso seja analisada e, se necessário, sejam feitas adaptações adequadas.

NOTA - As canalizações metálicas de água e gás não devem ser usadas como condutores de proteção.

6.4.3.2.5 Elementos condutores estranhos à instalação não devem ser usados como condutores PEN.

6.4.3.3 Preservação da continuidade elétrica dos condutores de proteção

6.4.3.3.1 Os condutores de proteção devem estar convenientemente protegidos contra as deteriorações mecânicas, químicas e eletroquímicas e forças eletrodinâmicas.

6.4.3.3.2 As ligações devem estar acessíveis para verificações e ensaios, com exceção dos executados dentro de caixas moldadas ou juntas encapsuladas.

6.4.3.3.3 Nenhum dispositivo de comando ou proteção deve ser inserido no condutor de proteção, porém podem ser utilizadas ligações desmontáveis por meio de ferramentas, para fins de ensaio.

6.4.3.3.4 Quando for utilizado um dispositivo de monitoração de continuidade de aterramento, as bobinas de operação não devem ser inseridas no condutor de proteção.

6.4.3.3.5 As partes condutoras expostas de equipamentos não devem ser utilizadas como partes de condutores de proteção de outros equipamentos, exceto nas condições de 6.4.3.2.2.

6.4.4 Aterramento por razões de proteção

NOTA - Para as medidas de proteção nos esquemas TN, TT e IT, ver 5.1.

6.4.4.1 Condutores de proteção usados com dispositivos de proteção a sobrecorrentes

6.4.4.1.1 Quando forem utilizados dispositivos de proteção a sobrecorrentes para a proteção contra contatos indiretos, o condutor de proteção deve estar contido na mesma linha elétrica dos condutores vivos ou em sua proximidade imediata.

6.4.4.2 Aterramento de mastro de antenas e do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) da edificação

Os mastros de antenas devem ser incorporados ao SPDA, devendo ser atendidas as prescrições da NBR 5419.

6.4.5 Aterramento por razões funcionais

6.4.5.1 Generalidades

O aterramento por razões funcionais deve ser realizado para garantir o funcionamento correto dos equipamentos ou para permitir o funcionamento adequado e confiável da instalação.

NOTA - Para o aterramento dos equipamentos de tecnologia da informação ver 6.4.8.

6.4.6 Aterramento por razões combinadas de proteção e funcionais

6.4.6.1 Generalidades

Quando for exigido um aterramento por razões combinadas de proteção e funcionais, as prescrições relativas às medidas de proteção devem prevalecer.

6.4.6.2 Condutor PEN

6.4.6.2.1 Nos esquemas TN, quando o condutor de proteção tiver uma seção maior ou igual a 10 mm² em cobre ou a 16 mm² em alumínio, nas instalações fixas, as funções de condutor de proteção e de condutor neutro podem ser combinadas, desde que a parte da instalação em referência não seja protegida por um dispositivo a corrente diferencial-residual. No entanto, a seção mínima de um condutor PEN pode ser de 4 mm², desde que o cabo seja do tipo concêntrico e que as conexões que garantem a continuidade sejam duplicadas em todos os pontos de conexão ao longo do percurso do condutor periférico. O condutor PEN concêntrico deve ser utilizado desde o transformador e limitado a uma instalação que utilize acessórios adequados.

6.4.6.2.2 O condutor PEN deve ser isolado para as tensões a que possa ser submetido, a fim de evitar fugas de corrente.

6.4.6.2.2.1 Se, a partir de um ponto qualquer da instalação, o neutro e o condutor de proteção forem separados, não é permitido religá-los após esse ponto. No ponto de separação, devem ser previstos terminais ou barras separadas para o condutor de proteção e o neutro. O condutor PEN deve ser ligado ao terminal ou barra previsto para o condutor de proteção.

6.4.7 Condutores de equipotencialidade

6.4.7.1 Seções mínimas

6.4.7.1.1 Condutores da ligação equipotencial principal

Os condutores de equipotencialidade da ligação equipotencial principal devem possuir seções que não sejam inferiores à metade da seção do condutor de proteção de maior seção da instalação, com um mínimo de 6 mm².

6.4.7.1.2 Condutores das ligações equipotenciais suplementares

Um condutor de equipotencialidade de uma ligação equipotencial suplementar ligando duas massas deve possuir uma seção equivalente igual ou superior à seção do condutor de proteção de menor seção ligado a essa massa.

Um condutor de equipotencialidade de uma ligação equipotencial suplementar ligando uma massa a um elemento condutor estranho à instalação deve possuir uma seção equivalente igual ou superior à metade da seção do condutor de proteção ligado a essa massa e deve satisfazer a 6.4.3.1.3.

Uma ligação equipotencial suplementar pode ser assegurada por elementos condutores estranhos à instalação não desmontáveis, tais como estruturas metálicas, ou por condutores suplementares ou por uma combinação dos dois tipos.

6.4.8 Aterramento e equipotencialização de equipamentos de tecnologia da informação

6.4.8.1 Generalidades

6.4.8.1.1 As prescrições aqui contidas tratam do aterramento e das ligações equipotenciais dos equipamentos de tecnologia da informação e de equipamentos similares que necessitam de interligações para intercâmbio de dados. Podem também ser utilizadas para outros equipamentos eletrônicos suscetíveis a interferências.

NOTAS

1 O termo "equipamento de tecnologia da informação" é usado pela IEC para designar todos os tipos de equipamentos elétricos e eletrônicos de escritório e equipamentos de telecomunicação.

2 São exemplos de equipamentos aos quais prescrições podem ser aplicáveis:

- equipamentos de telecomunicação e de transmissão de dados, equipamentos de processamentos de dados ou instalações que utilizam transmissão de sinais com retorno à terra, interna ou externamente ligadas a uma edificação;
- fontes de corrente contínua que alimentam equipamentos de tecnologia da informação no interior de uma edificação;
- equipamentos e instalações de CPCT - Centrais Privadas de Comutação Telefônica (PABX);
- redes locais;
- sistemas de alarme contra incêndio e contra roubo;
- sistemas de automação predial;

- sistemas CAM (*Computer Aided Manufacturing*) e outros que utilizam computadores.

3 As prescrições aqui contidas não consideram a possível influência de descargas atmosféricas.

4 Não são consideradas as ligações de equipamentos com correntes de fuga elevadas.

6.4.8.1.2 As prescrições aqui contidas tratam:

- a) da proteção contra corrosão eletrolítica;
- b) da proteção contra correntes contínuas de retorno elevadas nos condutores de aterramento funcional, nos condutores de proteção e nos condutores de proteção e aterramento funcional;
- c) da compatibilidade eletromagnética.

6.4.8.1.3 O aterramento dos equipamentos de tecnologia da informação objetivando a proteção contra choques elétricos deve obedecer às prescrições de 5.1 e de 6.4.2, 6.4.3, 6.4.4, 6.4.6 e 6.4.7. No entanto, prescrições adicionais podem ser necessárias para garantir o funcionamento confiável e seguro dos equipamentos e da instalação.

6.4.8.2 Uso do terminal de aterramento principal

NOTAS

1 O terminal de aterramento principal da edificação pode ser geralmente utilizado para fins de aterramento funcional. Nesse caso ele é considerado, sob o ponto de vista da tecnologia da informação, como o ponto de ligação ao sistema de aterramento da edificação.

2 Ver 6.3.5.8.

6.4.8.2.1 Quando circuitos PELV e massas de equipamentos classe II e classe III forem aterrados por razões funcionais, eles devem ser ligados ao terminal de aterramento principal da instalação (ver 6.4.2.4), integrando a ligação equipotencial principal (ver 5.1.3.1.1).

6.4.8.3 Compatibilidade com condutores PEN da edificação

6.4.8.3.1 Em edificações que abriguem ou estejam previstas para abrigar instalações de tecnologia da informação de porte significativo, deve-se considerar o uso de condutor de proteção (PE) e condutor neutro (N) separados, desde o ponto de entrada da alimentação.

NOTA - Esta prescrição tem por objetivo reduzir ao mínimo a possibilidade de ocorrência de problemas de CEM (compatibilidade eletromagnética) e, em casos extremos de sobrecorrente, devidos à passagem de correntes de neutro nos cabos de transmissão de sinais.

6.4.8.3.2 Se a instalação elétrica de uma edificação possuir um transformador, grupo gerador, sistemas UPS (*uninterruptible power systems*) ou fonte análoga responsável pela alimentação de equipamentos de tecnologia da informação e se essa fonte for, ela própria, alimentada em esquema TN-C, deve adotar o esquema TN-S em sua saída.

6.4.8.4 Proteção contra corrosão eletrolítica

Quando os condutores de aterramento funcional, ou os condutores de proteção e aterramento funcional, forem percorridos por corrente contínua, devem ser tomadas precauções para impedir danos aos condutores e a partes metálicas próximas por efeitos de eletrólise.

6.4.8.5 Barramento de equipotencialidade funcional

6.4.8.5.1 O terminal de aterramento principal de uma edificação pode, quando necessário, ser prolongado emendando-se-lhe um barramento de equipotencialidade funcional, de forma que os equipamentos de tecnologia da informação possam ser ligados e/ou aterrados pelo caminho mais curto possível, de qualquer ponto da edificação.

6.4.8.5.2 Ao barramento de equipotencialidade funcional podem ser ligados:

- a) quaisquer dos elementos normalmente ligados ao terminal de aterramento principal da edificação (ver 6.4.2.4);
- b) blindagens e proteções metálicas dos cabos e equipamentos de sinais;
- c) condutores de equipotencialidade dos sistemas de trilho;
- d) condutores de aterramento dos dispositivos de proteção contra sobretensões;
- e) condutores de aterramento de antenas de radiocomunicação;
- f) condutor de aterramento do pólo "terra" de alimentações em corrente contínua para equipamentos de tecnologia da informação;
- g) condutores de aterramento funcional;
- h) condutores de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas;
- i) condutores de ligações equipotenciais suplementares (ver 6.4.7.1.2).

6.4.8.5.3 O barramento de equipotencialidade funcional, de preferência em cobre, pode ser nu ou isolado e deve ser acessível em toda sua extensão, por exemplo, sobre a superfície das paredes ou em eletrocalha. Condutores nus devem ser isolados nos suportes e na travessia de paredes, para evitar corrosão.

6.4.8.5.4 Quando for necessário instalar um barramento de equipotencialidade funcional em uma edificação com presença extensiva de equipamentos de tecnologia da informação, este deve constituir um anel fechado.

6.4.8.5.5 O barramento de equipotencialidade funcional deve ser dimensionado como em condutor de equipotencialidade principal, conforme 6.4.7.

NOTA - A confiabilidade da ligação equipotencial entre dois pontos do barramento de equipotencialidade funcional depende da impedância do condutor utilizado, determinada pela seção e pelo percurso. Para frequências de 50 Hz ou de 60 Hz, caso mais comum, um condutor de cobre de 50 mm² de seção nominal constitui um bom compromisso entre custo e impedância.

6.4.8.6 Ligação equipotencial

NOTAS

1 A ligação equipotencial pode incluir condutores, capas metálicas de cabos e partes metálicas da edificação, tais como tubulações

de água e eletrodutos ou uma malha instalada em cada pavimento ou em parte de um pavimento. É conveniente incluir as armaduras do concreto da edificação na ligação equipotencial.

2 As características das ligações equipotenciais por razões funcionais (por exemplo, seção, forma e posição dos condutores) dependem da gama de frequência dos sistemas de tecnologia da informação das condições presumidas para o ambiente eletromagnético e das características de imunidade/frequência dos equipamentos.

6.4.8.6.1 A seção de um condutor de equipotencialidade entre dois equipamentos ou duas partes de um equipamento deve atender a 6.4.7.1.2.

NOTA - No caso de curtos-circuitos envolvendo partes condutoras aterradas, pode surgir uma sobrecorrente nas ligações de sinal entre os equipamentos.

6.4.8.6.2 Os condutores de equipotencialidade funcional que satisfazem às prescrições de proteção contra choques elétricos, devem ser identificados como condutores de proteção, de acordo com 6.1.5.3.2.

6.4.8.6.3 Se for utilizada uma malha de equipotencialidade para o aterramento funcional de equipamentos de tecnologia da informação, devem ser atendidas as prescrições de 6.4.7.1.2.

6.4.8.7 Condutores de aterramento funcional

6.4.8.7.1 A determinação da seção dos condutores de aterramento funcional deve considerar as possíveis correntes de falta que possam circular e, quando o condutor de aterramento funcional for também usado como condutor de retorno, a corrente de funcionamento normal e a queda de tensão. Quando os dados necessários não forem disponíveis, deve ser consultado o fabricante do equipamento.

6.4.8.7.2 Os condutores de aterramento funcional que ligam os dispositivos de proteção contra surtos ao barramento de equipotencialidade funcional devem seguir o percurso mais reto e mais curto possível, a fim de reduzir ao mínimo a impedância.

6.4.8.8 Condutores de proteção e aterramento funcional

6.4.8.8.1 Um condutor de proteção e aterramento funcional deve, no mínimo, obedecer às prescrições relativas ao condutor de proteção, em todo o seu comprimento (ver 6.4.3). Sua seção deve atender, além das prescrições relativas ao condutor de proteção, ao disposto em 6.4.8.7.1.

6.4.8.8.2 Um condutor de retorno de corrente contínua da alimentação de um equipamento de tecnologia da informação pode ser usado como condutor de proteção e aterramento funcional, com a condição de que, na eventualidade de abertura do circuito, a tensão entre duas partes simultaneamente acessíveis não exceda os valores das tensões de contato limite, fixados em 5.1.3.1.1-b).

6.4.8.8.3 Se as correntes contínuas e de sinal puderem produzir, no condutor de proteção e aterramento funcional, uma queda de tensão que possa vir a resultar em

uma diferença de potencial permanente na instalação da edificação, a seção do condutor deve ser tal que a queda de tensão seja limitada a 1 V.

NOTAS

- 1 O principal objetivo desta prescrição é restringir a corrosão.
- 2 No cálculo da queda de tensão deve ser ignorado o efeito devido aos percursos paralelos.

6.4.8.8.4 Podem ser usados como condutores de proteção e aterramento funcional os indicados em 6.4.3.2.

6.4.8.8.5 Partes condutoras estruturais de equipamentos de tecnologia da informação podem ser usadas como condutores de proteção e aterramento funcional, desde que sejam atendidas, simultaneamente, as seguintes condições:

a) a continuidade elétrica do percurso seja garantida pelo tipo de construção ou pela utilização de técnicas de conexão que impeçam a degradação devido aos efeitos mecânicos, químicos e eletroquímicos;

NOTA - Como exemplos de métodos de conexão adequadas, podem ser citados solda, rebiteagem ou fixação por parafusos.

b) a condutividade atenda às prescrições de 6.4.3.1.1;

c) quando uma parte de um equipamento for destinada a ser removida, a ligação equipotencial entre as partes restantes do equipamento não deve ser interrompida, a menos que a alimentação elétrica dessas partes seja previamente removida.

d) no caso de painel ou conjunto de painéis com 10 m ou mais de comprimento, os condutores de proteção e aterramento funcional devem ser ligados em ambas as extremidades à malha de equipotencialidade ou ao barramento de equipotencialidade funcional.

6.5 Outros componentes

6.5.1 Transformadores

NOTA - As prescrições desta subseção somente abrangem transformadores cujo primário seja alimentado sob uma tensão contida nos limites da faixa II (ver anexo A).

6.5.1.1 O circuito alimentado pelo secundário de um transformador deve ser estabelecido de acordo com as prescrições correspondentes à maior tensão que possa existir no circuito.

6.5.1.2 Os circuitos de autotransformadores devem ser estabelecidos para a maior tensão que possa aparecer entre condutores ou entre condutores e terra. A tensão dos circuitos secundários de autotransformadores, entre condutores ou entre condutores e terra, não deve ser superior ao limite superior da faixa II.

6.5.2 Geradores

Os geradores devem ser instalados em locais de serviço elétrico ou em locais protegidos de acordo com as medi-

das de proteção descritas em 5.1.2.3. Se isso não for possível, os dispositivos de comando funcional dos geradores só devem poder ser operados por pessoas qualificadas (BA5 - tabela 12).

6.5.3 Motores

6.5.3.1 Generalidades

As cargas constituídas por motores elétricos apresentam peculiaridades que as distinguem das demais:

a) a corrente absorvida durante a partida é muito maior que a de funcionamento normal em carga;

b) a potência absorvida em funcionamento é determinada pela potência mecânica no eixo solicitada pela carga acionada, o que pode resultar em sobrecarga na rede de alimentação, se o motor não for protegido adequadamente.

Em razão destas peculiaridades, a instalação de motores, além das demais prescrições desta Norma, deve também atender às prescrições seguintes.

6.5.3.2 Limitação das perturbações devidas à partida de motores

Para evitar perturbações inaceitáveis na rede de distribuição, na própria instalação e nas demais cargas ligadas, a instalação de motores deve-se:

a) observar as limitações impostas pela concessionária local referentes à partida de motores;

NOTA - Para partida direta de motores com potência acima de 3,7 kW (5 CV), em instalações alimentadas por rede de distribuição pública em baixa tensão, deve ser consultada a concessionária local.

b) limitar a queda de tensão nos demais pontos de utilização, durante a partida do motor, aos valores estipulados em 6.2.7.1.

Para obter conformidade às limitações descritas nas alíneas a) e b) anteriores, pode ser necessário o uso de dispositivos de partida que limitem a corrente absorvida durante a partida.

NOTA - Em instalações contendo muitos motores, pode ser necessário levar em conta a probabilidade de partida simultânea de vários motores.

6.5.3.3 Aplicações normais

Consideram-se aplicações normais, para as finalidades das prescrições que se seguem, as definidas por:

a) Cargas industriais e similares:

- motores de indução de gaiola trifásicos, de potência não superior a 150 kW (200 CV), com características normalizadas conforme a NBR 7094;

- cargas acionadas em regime S1 e com características de partida conforme a NBR 7094.

b) Cargas residenciais e comerciais:

- motores de potência nominal não superior a 1,5 kW (2 CV), constituindo parte integrante de aparelhos eletrodomésticos e eletroprofissionais.

6.5.3.4 Seleção dos condutores de alimentação

A seleção e dimensionamento dos condutores de alimentação de motores deve basear-se nos seguintes parâmetros:

- a) corrente nominal do motor;
- b) corrente de rotor bloqueado do motor;
- c) dispositivo de partida empregado;
- d) tempo de aceleração;
- e) regime;
- f) temperatura máxima admissível no condutor em regime contínuo;
- g) temperatura máxima admissível do condutor sob curto-circuito;
- h) corrente de curto-circuito;
- i) tempo de eliminação do curto-circuito
- j) queda de tensão admissível;
- l) maneira de instalar;
- m) condições especiais, se existirem.

6.5.3.4.1 Em aplicações normais, conforme 6.5.3.3, os condutores do circuito terminal de alimentação de um único motor devem ter capacidade de condução de corrente não inferior à corrente nominal do motor multiplicada pelo fator de serviço, se existir. Em aplicações especiais, os condutores do circuito terminal de alimentação de um único motor devem ter capacidade de condução de corrente não inferior à máxima corrente absorvida em funcionamento durante o ciclo de operação. Em caso de partida prolongada, com tempo de aceleração superior a 5 s, deve ser levado em conta o aquecimento do condutor durante o transitório de partida.

NOTA - Para motores de característica nominal com mais de uma potência e/ou velocidade, o condutor selecionado deve ser o que resulte em maior seção, quando considerada individualmente cada potência e velocidade.

6.5.3.4.2 Os condutores que alimentam dois ou mais motores devem ter capacidade de condução de corrente não inferior à soma das capacidades determinadas para cada motor, separadamente, conforme 6.5.3.4.1, mais as correntes nominais das outras cargas alimentadas pelo mesmo circuito.

6.5.3.4.3 O dimensionamento dos condutores que alimentam motores deve ser tal que, durante o funcionamento

do motor, as quedas de tensão nos terminais do motor e em outros pontos de utilização da instalação não ultrapassem os limites estipulados em 6.2.7.1.

NOTA - Para aplicações especiais, a corrente considerada para o cálculo da queda de tensão deve ser a máxima que ocorre em funcionamento durante o ciclo de operação.

6.5.3.4.4 O dimensionamento dos condutores que alimentam motores deve ser tal que, durante a partida do motor, a queda de tensão nos terminais do dispositivo de partida não ultrapasse 10% da tensão nominal do mesmo, observados os limites de 6.2.7.1 para os demais pontos de utilização da instalação.

NOTAS

1 A queda de tensão nos terminais do dispositivo de partida do motor pode ser superior a 10% da tensão nominal do motor em casos específicos em que é levado em conta o aumento do tempo de aceleração devido à menor tensão nos terminais.

2 Para cálculo da queda de tensão, o fator de potência do motor com rotor bloqueado pode ser considerado igual a 0,3.

6.5.3.5 Proteção contra correntes de sobrecarga

Os condutores que alimentam motores devem ser protegidos contra correntes de sobrecarga por um dos seguintes meios:

- a) dispositivo de proteção integrante do motor, sensível à temperatura dos enrolamentos;
- b) dispositivo de proteção independente, sensível à corrente absorvida pelo motor.

6.5.3.5.1 Para aplicações normais, quando for utilizado dispositivo de proteção independente, este deve ter corrente nominal igual à corrente nominal do motor multiplicada pelo fator de serviço, se existir, ou possuir faixa de ajuste que abranja este valor.

NOTA - Como a série de correntes nominais dos dispositivos de proteção apresenta incrementos discretos, admite-se uma diferença de até 12% entre as duas correntes acima.

6.5.3.5.2 Para aplicações especiais, recomenda-se o emprego de dispositivo de proteção integrante de motor, sensível à temperatura dos enrolamento. Entretanto, quando for empregado dispositivo de proteção independente, sensível à corrente absorvida pelo motor, ele deve ter características de atuação compatíveis com o regime, corrente de partida, tempo de aceleração e tempo admissível com rotor bloqueado do motor.

6.5.3.5.3 Os condutores que alimentam motores de potência nominal não superior a 1,5 kW (2 CV) em aplicações residenciais e comerciais, conforme 6.5.3.3-b), podem ser considerados protegidos pelo dispositivo de proteção contra sobrecarga do circuito terminal se este tiver corrente nominal ou de ajuste igual à capacidade de condução de corrente dos condutores de alimentação do motor.

6.5.3.6 Proteção contra correntes de curto-circuito

A proteção contra correntes de curto-circuito dos condutores que alimentam motores deve ser garantida pelos

dispositivos de proteção do circuito terminal. Para que a proteção seja efetiva, é necessário que sejam atendidas as prescrições abaixo.

NOTA - Na determinação de valores para a proteção contra correntes de curto-circuito, os dispositivos selecionados devem atender às prescrições de 5.3.4, 5.7.4.2 e 6.3.4.3.

6.5.3.6.1 Os circuitos terminais que alimentam um só motor podem ser protegidos contra correntes de curto-circuito utilizando-se:

a) dispositivo fusível tipo g: para aplicações normais, conforme 6.5.3.3, a corrente nominal do dispositivo fusível não deve ser superior ao valor obtido multiplicando-se a corrente de rotor bloqueado do motor pelo fator indicado na tabela 54; quando o valor obtido não corresponder ao valor padronizado, pode ser utilizado dispositivo fusível de corrente nominal imediatamente superior;

b) disjuntor com corrente de disparo magnético maior que a corrente de rotor bloqueado do motor, porém não superior a 12 vezes a corrente nominal do motor.

NOTA - Para motores de indução fabricados conforme a NBR 7094, pode ser adotado para a corrente de rotor bloqueado o valor máximo admissível indicado naquela norma.

Tabela 54 - Fator para determinação da corrente nominal máxima de fusíveis tipo "g"

Corrente de rotor bloqueado I_p (A)	Fator
$I_p \leq 40$	0,5
$40 \cdot I_p \cdot 500$	0,4
$500 \cdot I_p$	0,3

6.5.3.6.2 Quando houver mais de um motor ou outras cargas alimentadas por um único circuito terminal, os motores devem ser protegidos individualmente contra sobrecargas e a proteção contra curtos-circuitos deve ser efetuada por um dos seguintes meios:

a) utilizando-se um dispositivo de proteção capaz de proteger os condutores de alimentação do motor de menor corrente nominal e que não atue indevidamente sob qualquer condição de carga normal no circuito; ou

b) utilizando-se proteção individual na derivação de cada motor, conforme 6.5.3.6.1.

NOTAS

1 O meio referido na alínea b) é recomendado para motores de potência nominal superior a 0,37 kW (0,5 CV).

2 Quando mais de um motor é alimentado por um único circuito terminal, é preferível que as cargas de outra natureza sejam alimentadas por outros circuitos terminais.

3 Um único circuito terminal pode alimentar um ou mais motores e uma ou mais outras cargas, desde que cada um deles não prejudique o funcionamento adequado dos demais e que as outras cargas sejam protegidas adequadamente.

6.5.4 Conversores

Os conversores devem ser, de preferência, alimentados por intermédio de transformadores de enrolamentos separados.

6.5.5 Bateria de acumuladores

6.5.5.1 Acumuladores portáteis ou móveis

A carga de acumuladores portáteis ou móveis deve ser efetuada em um local onde os gotejamentos e projeções de eletrólito e seus vapores não sejam prejudiciais; uma ventilação suficiente deve ser assegurada e nenhuma chama deve encontrar-se nas proximidades.

6.5.5.2 Acumuladores fixos

6.5.5.2.1 Os acumuladores instalados em local fixo devem encontrar-se em locais de serviço elétrico ou em cubículos fechados cujo acesso seja autorizado apenas ao pessoal que esteja encarregado de seu serviço e manutenção.

6.5.5.2.2 Quando a tensão nominal das baterias de acumuladores for superior a 150 V, deve ser previsto um piso de serviço não derrapante, isolado do solo e projetado de forma que não seja possível tocar o solo ou um elemento condutor ligado ao solo e um dos elementos da bateria simultaneamente.

6.5.5.2.3 Os isolantes utilizados nas proximidades imediatas das baterias devem ser não hidrófilos por natureza ou por tratamento.

6.5.6 Tomadas de corrente e extensões

6.5.6.1 Quando as linhas possuírem condutor de proteção, a tomada de corrente deve ser única para os condutores vivos e o de proteção. Nas tomadas de corrente com contato de aterramento, este não deve poder entrar em contato com os pinos vivos dos plugues; os contatos de aterramento (da tomada e do plugue) devem se unir antes dos contatos vivos e se separar após a separação dos contatos vivos.

6.5.6.2 Quando se fizer uso de tensões ou de correntes de naturezas diferentes, é necessário utilizar tomadas e plugues de tipos distintos e não intercambiáveis.

6.5.6.3 Quando for necessário impedir a permutação dos pólos ou das fases deve-se empregar tomadas assimétricas.

6.5.6.4 Para a alimentação de equipamentos móveis e portáteis através de tomadas de corrente, devem ser previstas disposições especiais para que um aparelho de uma dada classe não possa ser utilizado em circunstâncias onde a proteção contra contato indireto não seja assegurada.

6.5.6.5 As tomadas de corrente e extensões devem ser dispostas de maneira que as partes vivas nuas não sejam acessíveis ao toque, tanto quando seus elementos estiverem unidos, quanto quando separados.

6.5.6.6 Nos locais que apresentem riscos de explosão (condição BE3 - tabela 16), as tomadas de corrente, exten-

sões e conectores nos quais os condutores não sejam constantemente mantidos em invólucros antideflagrantes devem ser dotados de um dispositivo de intertravamento elétrico ou mecânico, tal que a desenergização dos condutores preceda sua separação.

6.5.7 Conjuntos de dispositivos de proteção, seccionamento e comando

NOTA - As prescrições de 6.5.7.1 a 6.5.7.5 são aplicáveis aos conjuntos montados no local da instalação (conjuntos que não vêm prontos de fábrica). Para os casos em que o conjunto seja montado em fábrica, este deverá estar em conformidade com a NBR 6808.

6.5.7.1 Componentes

Os componentes utilizados devem ser adequados às influências externas previstas, principalmente no que concerne às solicitações mecânicas, umidade, calor e riscos de incêndio.

6.5.7.2 Distâncias

As distâncias mínimas seguintes devem ser respeitadas:

- a) entre partes vivas nuas de polaridades diferentes: 10 mm;
- b) entre partes vivas nuas e outras partes condutoras (massas, invólucros externos): 20 mm.

NOTA - A distância especificada em b) deve ser aumentada para 100 mm quando os invólucros externos possuírem aberturas cuja menor dimensão esteja entre 12 mm e 50 mm.

6.5.7.3 Medidas de proteção para garantir segurança

Os conjuntos devem ser concebidos e montados de forma a poderem ser utilizados nas condições definidas na seção 5, notadamente em 5.1.2, 5.1.3, 5.3.2 e 5.4.3.

6.5.7.4 Montagem

6.5.7.4.1 Os dispositivos de proteção, seccionamento e comando devem ser instalados e ligados segundo as instruções fornecidas pelo fabricante, respeitadas as prescrições de 6.1.4, 6.1.5, 6.1.6 e 6.3.

6.5.7.4.2 Os condutores de alimentação dos equipamentos e instrumentos fixados nas portas ou tampas devem ser dispostos de tal forma que os movimentos das portas ou tampas não possam causar a deterioração desses condutores.

6.5.7.5 Marcações e indicações

6.5.7.5.1 As placas dos equipamentos e dispositivos constituintes do conjunto não devem ser retiradas.

6.5.7.5.2 No interior do conjunto, a correspondência entre os componentes e o circuito respectivo deve ser feita de forma clara e precisa.

6.5.7.5.3 A designação dos componentes deve ser legível, executada de forma durável e posicionada de forma a evitar qualquer risco de confusão. Além disso, deve corresponder à notação adotada no projeto (diagramas e memoriais).

6.5.8 Equipamentos de utilização

6.5.8.1 Ligação dos equipamentos às instalações

Os equipamentos podem ser ligados à instalação:

- a) diretamente a uma linha fixa (6.5.8.1.1); ou
- b) através de uma linha móvel (6.5.8.1.2).

6.5.8.1.1 Ligação direta dos equipamentos a uma linha fixa

As linhas devem ser protegidas de acordo com as condições de influências externas locais e as conexões dos condutores com os equipamentos não devem ser submetidas a esforços de tração e de torção. Na ligação do equipamento à linha fixa devem ser observadas as prescrições de 6.2.7 e 6.2.8.

6.5.8.1.2 Ligação dos equipamentos por intermédio de uma linha móvel

A ligação dos equipamentos por intermédio de uma linha móvel deve obedecer às prescrições descritas a seguir:

- a) as linhas móveis devem comportar o número necessário de condutores eletricamente distintos e mecanicamente solidários, inclusive o condutor de proteção se esse for necessário;
- b) as linhas móveis devem satisfazer às prescrições aplicáveis de 6.2;
- c) quando a linha móvel comportar um condutor de proteção, este deve ser identificado pela dupla coloração verde-amarela ou pela cor verde. Quando a linha móvel comportar um condutor neutro, ou se o meio de conexão determinar a posição do condutor neutro, este deve ser identificado pela cor azul-clara. Nos outros casos, o condutor identificado pela cor azul-clara pode ser utilizado para outros usos, exceto como condutor de proteção.

6.5.8.2 Equipamentos de iluminação

6.5.8.2.1 Prescrições gerais

As prescrições gerais são as descritas a seguir:

- a) os equipamentos de iluminação instalados em locais molhados ou úmidos devem ser especialmente projetados para esse uso, de forma que, quando instalados, não permitam que a água se acumule em condutor, porta-lâmpadas ou outras partes elétricas;
- b) os equipamentos de iluminação devem ser firmemente fixados;
- c) a fixação de equipamentos de iluminação pendentes deve ser tal que:
 - rotações repetidas no mesmo sentido não possam causar danos aos meios de sustentação;
 - a sustentação não seja efetuada por intermédio dos condutores de alimentação;

- um vínculo isolante separe as partes metálicas de seu suporte, se o aparelho for da classe O ou II.

6.5.8.2.2 Porta-lâmpadas e proteção contra choques elétricos

Aplicam-se as prescrições descritas a seguir:

- a) os porta-lâmpadas devem ser escolhidos levando-se em conta tanto a corrente quanto a potência absorvida pelas lâmpadas cujo uso é previsto;
- b) o contato lateral dos porta-lâmpadas com rosca deve ser ligado ao condutor neutro, quando houver;
- c) em instalações residenciais e semelhantes só podem ser usados porta-lâmpadas devidamente protegidos contra riscos de contatos diretos ou equipamentos de iluminação que confirmam ao porta-lâmpada, quando não protegido por construção, uma proteção equivalente. Esta mesma prescrição se aplica a qualquer outro tipo de instalação em que as lâmpadas dos equipamentos de iluminação forem susceptíveis de serem manipuladas ou substituídas por pessoas que não sejam advertidas (BA4) nem qualificadas (BA5), conforme a tabela 12.

6.5.8.3 Aparelhos eletrodomésticos e eletroprofissionais

6.5.8.3.1 Aparelhos de aquecimento elétrico de água

A instalação de aquecedores elétricos de água em banheiros deve obedecer às prescrições de 9.1.

6.5.8.3.2 Aparelhos eletrônicos para uso doméstico

Aplicam-se as prescrições descritas a seguir:

- a) a instalação de alimentação não deve ser utilizada como antena ou eletrodo de aterramento;
- b) o invólucro metálico de aparelhos deve ser ligado ao condutor de proteção do circuito.

6.5.8.4 Equipamentos de aquecimento industriais

6.5.8.4.1 Equipamentos de aquecimento em geral

Aplicam-se as prescrições descritas a seguir:

- a) os equipamentos de aquecimento fixos devem ser instalados de forma que o fluxo de calor por eles fornecido se escoe como previsto por construção;
- b) os equipamentos de aquecimento que comportem elementos incandescentes abertos ou expostos não devem ser instalados nos locais que apresentem riscos de explosão (BE3 - tabela 16). O uso de tais equipamentos só é admitido se forem tomadas todas as precauções para evitar que objetos inflamáveis venham a entrar em contato com os elementos incandescentes;
- c) os equipamentos de aquecimento que, por sua natureza, processem materiais combustíveis ou inflamáveis (BE2 - tabela 16), tais como estufas e se-

cadoras, devem ser munidos de um limitador de temperatura que interrompa ou reduza o aquecimento antes que uma temperatura perigosa seja atingida, ou ser construídos de forma a não constituir uma causa de perigo para as pessoas ou de danos para objetos vizinhos em caso de aquecimento excessivo dos materiais combustíveis ou inflamáveis contidos no equipamento;

d) nas instalações de aquecimento a ar forçado (geradores de ar quente), os elementos aquecedores só devem poder ser postos sob tensão após estabelecido o fluxo de ar previsto e devem ser automaticamente desenergizados quando o fluxo de ar for interrompido. Além disso, elas devem incluir dois limitadores de temperatura independentes, que impeçam que a temperatura nos condutos de ar ultrapasse os limites admissíveis.

6.5.8.4.2 Equipamentos de aquecimento de líquidos

Aplicam-se as prescrições descritas a seguir:

- a) os equipamentos de aquecimento ou de reaquecimento de líquidos combustíveis ou inflamáveis devem ser munidos de um limitador de temperatura que interrompa ou reduza o aquecimento antes que uma temperatura perigosa seja atingida, ou devem ser construídos de forma a não constituir uma causa de perigo para as pessoas ou de danos para os objetos vizinhos em caso de aquecimento excessivo;
- b) os equipamentos que possuam eletrodos ou resistores não isolados, imersos em líquido condutor, não são admitidos nos esquemas TT ou IT.

6.5.9 Quadros de distribuição

6.5.9.1 Os quadros de distribuição devem ser instalados em local de fácil acesso, com grau de proteção adequado à classificação das influências externas, possuir identificação (nomenclatura) do lado externo e identificação dos componentes conforme 6.5.7.5.

6.5.9.2 Deverá ser previsto em cada quadro de distribuição capacidade de reserva (espaço), que permita ampliações futuras, compatível com a quantidade e tipo de circuitos efetivamente previstos inicialmente.

Esta previsão de reserva deverá obedecer ao seguinte critério:

- a) quadros com até 6 circuitos, prever espaço reserva para no mínimo 2 circuitos;
- b) quadros de 7 a 12 circuitos, prever espaço reserva para no mínimo 3 circuitos;
- c) quadros de 13 a 30 circuitos, prever espaço reserva para no mínimo 4 circuitos;
- d) quadros acima de 30 circuitos, prever espaço reserva para no mínimo 15% dos circuitos.

NOTA - Esta capacidade reserva deverá se refletir no cálculo do circuito de distribuição do respectivo quadro de distribuição.

6.5.9.3 O dimensionamento e a especificação técnica dos quadros de distribuição deverão ser feitos de acordo com a NBR 6808.

6.6 Sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança

6.6.1 Generalidades

6.6.1.1 Para os sistemas de alimentação elétrica para serviços de segurança destinados a funcionar em condições de incêndio, as duas condições seguintes devem ser cumpridas:

- a) deve ser escolhida uma fonte de segurança que possa manter a alimentação por um tempo adequado;
- b) todos os componentes devem ser providos, seja por construção, seja por instalação, de proteção que garanta uma resistência ao fogo por um tempo adequado.

6.6.1.2 São preferidas as medidas de proteção contra os contatos indiretos sem seccionamento à primeira falta. Nos esquemas IT devem ser utilizados dispositivos supervisores de isolamento, que produzam uma indicação audível e visível quando da ocorrência de uma primeira falta.

6.6.1.3 Os componentes devem ser dispostos de modo a facilitar a inspeção periódica, os ensaios e a manutenção.

6.6.2 Fontes

6.6.2.1 As fontes para sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança devem ser instaladas como equipamentos fixos e de maneira tal que não possam ser afetadas por falha da fonte normal.

6.6.2.2 As fontes para sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança devem ser instaladas em locais adequados e acessíveis apenas às pessoas advertidas ou qualificadas (BA4 ou BA5), conforme a tabela 12.

6.6.2.3 O local de instalação das fontes deve ser adequadamente ventilado, de modo que eventuais gases ou fumos provenientes das fontes não possam penetrar em áreas ocupadas por pessoas.

6.6.2.4 Não é permitido o uso de ramais independentes, separados da rede pública de distribuição, a menos que haja garantia de que seja improvável a falha simultânea das duas alimentações.

6.6.2.5 Quando for usada uma única fonte para o sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança, esta não pode ser utilizada para outras finalidades. No entanto, quando existir mais de uma fonte, elas podem ser usadas como alimentação de reserva, desde que, no caso de falha de uma fonte, a energia ainda disponível seja suficiente para a partida e o funcionamento de todos os equipamentos de segurança; isso geralmente é conseguido com o desligamento automático dos equipamentos não relacionados com a instalação de segurança.

6.6.2.6 As prescrições de 6.6.2.2 a 6.6.2.5 não se aplicam a equipamentos individualmente alimentados por baterias próprias (bloco autônomos).

6.6.3 Circuitos

6.6.3.1 Os circuitos dos sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança devem ser independentes de outros circuitos.

NOTA - Isso significa que nenhuma falta, intervenção ou modificação em um sistema deve afetar o funcionamento do outro. Para isso, pode ser necessária separação por materiais resistentes ao fogo, por percursos diferentes ou por invólucros.

6.6.3.2 Os circuitos dos sistemas de alimentação elétrica para serviços de segurança não devem passar por locais com riscos de incêndio (BE2 - tabela 16), a menos que seus componentes sejam resistentes ao fogo. Em nenhuma hipótese os circuitos devem passar por locais com riscos de explosão (BE3 - tabela 16).

NOTA - Na medida do possível, é conveniente evitar que esses circuitos passem por locais apresentando riscos de incêndio.

6.6.3.3 A proteção contra correntes de sobrecargas prescritas em 5.7.4.1 pode ser omitida.

6.6.3.4 Os dispositivos de proteção contra sobrecorrentes devem ser escolhidos e instalados de modo a evitar que a sobrecorrente em um circuito prejudique o funcionamento correto dos outros circuitos do sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança.

6.6.3.5 Os dispositivos de manobra e controle, exceto os dispositivos de alarme, devem ser claramente identificados e agrupados em locais acessíveis apenas às pessoas advertidas ou qualificadas (BA4 ou BA5), conforme a tabela 12. Os dispositivos de alarme devem ser claramente identificados.

6.6.4 Equipamentos de utilização

6.6.4.1 Nos sistemas de iluminação, o tipo de lâmpada deve ser compatível com o tempo de comutação, para que possa ser mantida a iluminância especificada.

6.6.4.2 Em um equipamento alimentado por dois circuitos distintos, uma falta em um dos circuitos não deve prejudicar a proteção contra choques elétricos, nem o funcionamento correto do outro circuito. O equipamento deve ser ligado, se necessário, aos condutores de proteção dos dois circuitos.

6.6.5 Prescrições especiais para sistemas de alimentação elétrica para serviços de segurança possuindo fontes não capazes de funcionar em paralelo

6.6.5.1 Devem ser tomadas todas as precauções para evitar o paralelismo das fontes, utilizando-se, por exemplo, intertravamento mecânico.

6.6.5.2 A proteção contra curtos-circuitos e a proteção contra contatos indiretos devem ser garantidas para cada fonte.

6.6.6 Prescrições especiais para sistemas de alimentação elétrica para serviços de segurança possuindo fontes capazes de funcionar em paralelo

NOTA - O funcionamento em paralelo de fontes independentes geralmente exige a autorização da concessionária de energia elétrica. Podem ser necessários dispositivos especiais, por exemplo, para evitar a reversão de potência.

6.6.6.1 A proteção contra curtos-circuitos e a proteção contra contatos indiretos devem ser garantidas, quer seja a instalação alimentada separadamente por qualquer das duas fontes, quer por ambas em paralelo.

NOTA - Podem ser necessárias precauções para limitar a circulação de corrente nas ligações entre os pontos neutros das fontes, em particular no que se refere aos efeitos da terceira harmônica.

7 Verificação final

7.1 Prescrições gerais

7.1.1 Qualquer instalação ou reforma (extensão ou alteração) de instalação existente deve ser inspecionada visualmente e ensaiada, durante e/ou quando concluída a instalação, antes de ser posta em serviço pelo usuário, de forma a se verificar a conformidade com as prescrições desta Norma.

7.1.2 Deve ser fornecida a documentação da instalação, conforme 6.1.7, à(s) pessoa(s) encarregada(s) da verificação, na condição de documentação como construído (*as built*).

7.1.3 Durante a realização da inspeção e dos ensaios devem ser tomadas precauções que garantam a segurança das pessoas e evitem danos à propriedade e aos equipamentos instalados.

7.1.4 Quando a instalação a verificar constituir reforma de uma instalação existente, deve ser verificado se esta não anula as medidas de segurança da instalação existente.

7.2 Inspeção visual

A inspeção visual deve preceder os ensaios e deve ser realizada com a instalação desenergizada.

7.2.1 A inspeção visual deve ser realizada para confirmar se os componentes elétricos permanentemente conectados estão:

- a) em conformidade com as normas aplicáveis;

NOTA - Isto pode ser verificado por marca de conformidade, certificação ou termo de responsabilidade emitido pelo fornecedor.

- b) corretamente selecionados e instalados de acordo com esta Norma;
- c) não visivelmente danificados, de modo a restringir seu funcionamento adequado e sua segurança.

7.2.2 A inspeção visual deve incluir no mínimo a verificação dos seguintes pontos:

- a) medidas de proteção contra choques, conforme 5.1, 5.7.2 e 5.8.1;
- b) medidas de proteção contra efeitos térmicos, conforme 5.2 e 5.8.2;
- c) seleção das linhas elétricas, conforme 6.2;
- d) escolha, ajuste e localização dos dispositivos de proteção, conforme 5.3, 5.7.4, 6.1.3.2 e 6.3;

- e) escolha e localização dos dispositivos de seccionamento e comando, conforme 5.6, 5.7.7, 6.1.3.2 e 6.3;

- f) identificações dos componentes, conforme 6.1.5;

- g) execução das conexões, conforme 6.2.8;

- h) acessibilidade, conforme 6.1.4.

7.3 Ensaios

7.3.1 Prescrições gerais

Os seguintes ensaios devem ser realizados onde forem aplicáveis e, preferivelmente, na seqüência apresentada:

- a) continuidade dos condutores de proteção e das ligações equipotenciais principal e suplementares (7.3.2);
- b) resistência de isolamento da instalação elétrica (7.3.3);
- c) seccionamento automático da alimentação (7.3.4);
- d) ensaio de tensão aplicada (7.3.5);
- e) ensaios de funcionamento (7.3.6);
- f) separação elétrica dos circuitos (7.3.7);
- g) resistência elétrica do piso e das paredes (7.3.8).

7.3.1.1 No caso de não conformidade em qualquer dos ensaios, este deve ser repetido, após a correção do problema, bem como todos os ensaios precedentes que possam ter sido influenciados.

7.3.1.2 Os métodos de ensaios aqui descritos são fornecidos como métodos de referência; outros métodos, no entanto, podem ser utilizados, desde que, comprovadamente, produzam resultados não menos confiáveis.

7.3.2 Continuidade dos condutores de proteção, incluindo ligações equipotenciais principal e suplementares

Um ensaio de continuidade deve ser realizado. Recomenda-se que a fonte de tensão tenha uma tensão em vazio entre 4 V e 24 V, em corrente contínua ou alternada. A corrente de ensaio deve ser de no mínimo 0,2 A.

7.3.3 Resistência de isolamento da instalação

A resistência de isolamento deve ser medida:

- a) entre os condutores vivos, tomados dois a dois;

NOTAS

1 Na prática, esta medição somente pode ser realizada antes da conexão dos equipamentos de utilização.

2 Nos esquemas TN-C o condutor PEN é considerado como parte da terra.

- b) entre cada condutor vivo e a terra.

Durante esta medição os condutores fase e condutores neutros podem ser interligados.

7.3.3.1 A resistência de isolamento, medida com os valores de tensão indicados na tabela 55, é considerada satisfatória se nenhum valor obtido resultar menor que os valores mínimos apropriados, indicados na tabela 55.

7.3.3.2 As medições devem ser realizadas com corrente contínua. O equipamento de ensaio deve ser capaz de fornecer 1 mA ao circuito de carga, apresentando em seus terminais a tensão especificada na tabela 55. Quando o circuito da instalação inclui dispositivos eletrônicos, a medição deve ser realizada entre todos os condutores fase e neutro, conectados entre si, e a terra.

NOTA - Esta precaução é necessária para evitar danos aos dispositivos eletrônicos.

7.3.4 Verificação das medidas de proteção por seccionamento automático da alimentação

7.3.4.1 Geral

A verificação das medidas de proteção contra contatos indiretos por seccionamento automático da alimentação compreende as seguintes providências:

7.3.4.1.1 Esquemas TT

A conformidade com os requisitos de 5.1.3.1.5 deve ser verificada por:

a) medição da resistência do(s) eletrodo(s) de aterramento (ver 7.3.4.2); e

b) verificação das características dos dispositivos de proteção associados, que deve ser feita por:

- inspeção visual e ensaio em dispositivos a corrente diferencial-residual;

NOTA - Ver anexo C para exemplos de ensaios em dispositivos DR.

- inspeção visual em dispositivos a sobrecorrente (corrente nominal ou de ajuste);

c) verificação da continuidade dos condutores de proteção (ver 7.3.2).

7.3.4.1.2 Esquemas TN

A conformidade com 5.1.3.1.1-d) deve ser verificada por:

a) um dos dois métodos a seguir:

- medição da impedância do percurso da corrente de falta (ver 7.3.4.3); ou

- medição da resistência dos condutores de proteção (ver 7.3.4.4); e

b) verificação das características dos dispositivos de proteção associados (inspeção visual e, para dispositivos DR, ensaio);

NOTA - As medições referidas nas subalíneas de 7.3.4.1.2-a) são desnecessárias se os cálculos da impedância do percurso da corrente de falta ou da resistência dos condutores de proteção estão disponíveis e a disposição da instalação é tal que permita verificação do comprimento e da seção dos condutores.

c) verificação da continuidade do condutor de proteção (ver 7.3.2), quando as medições referidas nas subalíneas de 7.3.4.1.2-a) não tiverem sido realizadas.

Além disso, quando for necessário atender aos requisitos de 5.1.3.1.3-f), a medição da resistência global de aterramento R_B deve ser realizada.

7.3.4.1.3 Esquemas IT

A medição da corrente de primeira falta deve obedecer, conforme o caso, à prescrição a) ou b) expostas a seguir:

NOTA - Esta medição não é necessária se a instalação dispuser de um dispositivo supervisor de isolamento ou se todas as partes condutoras acessíveis estiverem conectadas ao terra do sistema de distribuição e este estiver aterrado por meio de uma impedância.

a) onde as condições do esquema TT forem aplicáveis (ver 5.1.3.1.5-a), verificar de acordo com 7.3.4.1.1;

b) onde as condições do esquema TN forem aplicáveis (ver 5.1.3.1.5-b), verificar de acordo com 7.3.4.1.2.

NOTA - Durante a medição da impedância do percurso da corrente de falta é necessário estabelecer uma conexão (de impedância desprezível) entre o neutro do sistema de distribuição e o condutor de proteção na origem da instalação.

Tabela 55 - Valores mínimos de resistência de isolamento

Tensão nominal do circuito (V)	Tensão de ensaio (V em corrente contínua)	Resistência de isolamento (M Ω)
Extrabaixa tensão de segurança, quando o circuito é alimentado por um transformador de segurança e também preenche os requisitos de 5.1.1.1.3	250	$\geq 0,25$
Até 500 V, inclusive, com exceção do exposto acima	500	$\geq 0,5$
Acima de 500 V	1 000	$\geq 1,0$

7.3.4.2 Medição da resistência do eletrodo de aterramento

A medição da resistência de aterramento, quando prescrita, deve ser realizada com corrente alternada e por um dos métodos seguintes:

- a) utilizando aparelho convencional e dois eletrodos auxiliares independentes, alinhados, quando existir espaço adequado;
- b) utilizando amperímetro e voltímetro, com injeção de corrente.

NOTA - O anexo D fornece a descrição de um método de medição e as condições a serem atendidas.

7.3.4.3 Medição da impedância do percurso da corrente de falta

7.3.4.3.1 A medição da impedância do percursos da corrente de falta deve ser realizada à freqüência nominal do circuito.

NOTA - No anexo E é fornecido um método para a medição da impedância do percurso da corrente de falta.

7.3.4.3.2 A impedância medida deve estar em conformidade com 5.1.3.1.4-d) para instalações TN e com a segunda subalínea de 5.1.3.1.6-e) para esquemas IT.

NOTA - Quando o valor da impedância do percurso da corrente de falta puder ser influenciado por correntes de falta significativas, devem ser levados em conta os resultados de medições (realizadas pelo fabricante ou por laboratórios) com tais correntes.

Isto se aplica particularmente a linhas pré-fabricadas, eletrodutos metálicos, cabos com cobertura metálica, etc.

7.3.4.4 Medição da resistência dos condutores de proteção

7.3.4.4.1 A verificação consiste na medição da resistência R entre qualquer massa e o ponto mais próximo da ligação equipotencial principal.

NOTA - Eletrodutos metálicos e outros invólucros metálicos de condutores são considerados condutores de proteção se atendidas as condições de 6.4.3.2.

Recomenda-se que as medições sejam realizadas com uma fonte com tensão em vazio entre 4 V e 24 V em corrente alternada ou em corrente contínua, com corrente de ensaio de no mínimo 2 A.

A resistência R deve ser menor ou igual a U_c/I_t , onde U_c é a tensão de contato presumida e I_t é a corrente que assegura a atuação do dispositivo de proteção dentro do tempo estabelecido na tabela 20.

Quando, nas condições estabelecidas na segunda subalínea de 5.1.3.1.1-d), um tempo de seccionamento não maior que 5 s for permitido, este método não se aplica.

7.3.4.4.2 Quando os requisitos de 7.3.4.3 e 7.3.4.4 não forem atendidos e for utilizada ligação equipotencial suplementar de acordo com 5.1.3.1.6, deve ser realizada uma verificação conforme 5.1.3.1.7-b).

7.3.5 Ensaio de tensão aplicada

7.3.5.1 Este ensaio deve ser realizado em equipamento construído ou montado no local da instalação, de acordo com o método de ensaio descrito no anexo F.

7.3.5.2 Após a conclusão da instalação deve ser realizado um ensaio de tensão aplicada em todos os casos previstos por esta Norma, sendo o valor da tensão de ensaio aquele indicado nas normas aplicáveis ao equipamento. Na ausência de norma brasileira e IEC, as tensões de ensaio devem ser as indicadas na tabela 56, para o circuito principal e para os circuitos de comando e auxiliares. Sempre que não for especificado, a tensão de ensaio é aplicada durante 1 min. Durante o ensaio não devem ocorrer faiscamentos ou ruptura do dielétrico.

7.3.6 Ensaio de funcionamento

7.3.6.1 Montagens tais como quadros, acionamentos, controles, intertravamentos, comandos, etc. devem ser submetidas a um ensaio de funcionamento para verificar se o conjunto está corretamente montado, ajustado e instalado em conformidade com esta Norma.

7.3.6.2 Dispositivos de proteção devem ser submetidos a ensaios de funcionamento, se necessários e aplicáveis, para verificar se estão corretamente instalados e ajustados.

7.3.7 Proteção por separação elétrica

Quando aplicada a medida de proteção por separação elétrica conforme 5.1.3.5, a separação elétrica entre o circuito protegido e outros circuitos e a terra deve ser verificada pela medição da resistência de isolamento. Os valores obtidos devem estar de acordo com a tabela 55, com os equipamentos de utilização conectados, sempre que possível. Além disto, um ensaio de tensão aplicada deve ser realizado, conforme 7.3.5, utilizando-se os valores da quarta coluna (isolação reforçada) da tabela 56.

Tabela 56 - Tensões de ensaio (V)

U ¹⁾ (V eficaz)	Isolação básica	Isolação suplementar	Isolação reforçada
50	500	500	750
133	1 000	1 000	1 750
230	1 500	1 500	2 750
400	2 000	2 000	3 750
690	2 750	2 750	4 500
1 000	3 500	3 500	5 500

¹⁾ Tensão entre fase e neutro em esquemas TN e TT; tensão ente fases em esquemas IT.

7.3.8 Resistência elétrica do piso e das paredes

7.3.8.1 Quando for necessário cumprir os requisitos de 5.1.3.3, pelo menos três medições devem ser realizadas em cada local, sendo que uma delas deve ser realizada a cerca de 1 m de qualquer elemento condutor (estranho à instalação) acessível. As outras duas podem ser realizadas a distâncias maiores. Esta série de medições deve ser repetida para cada superfície relevante do local.

7.3.8.2 No anexo B é descrito um método de ensaio para medir a resistência elétrica de pisos e paredes.

8 Manutenção

8.1 Periodicidade

A periodicidade da manutenção deve adequar-se a cada tipo de instalação, considerando:

- a) a complexidade do sistema: quanto maior for a quantidade e diversidade de equipamentos, menor deve ser a periodicidade;
- b) a importância do sistema: quanto maior for a importância do sistema, menor deve ser a periodicidade, avaliando as consequências de eventual defeito no sistema;
- c) a classificação das influências externas do local: quanto maior o grau de poeira, umidade, temperatura, vibração, etc., menor deve ser a periodicidade.

8.2 Executante

Toda instalação elétrica deve ser verificada e/ou sofrer intervenções somente por pessoas advertidas (BA4) ou qualificadas (BA5), conforme a tabela 12.

8.3 Verificações de rotina - Manutenção preventiva

Sempre que possível, a instalação a ser verificada deve ser desenergizada.

Os dispositivos e as disposições adotadas para garantir que as partes vivas fiquem fora do alcance podem ser retirados para uma melhor verificação, devendo ser imediatamente restabelecidos ao término da manutenção.

8.3.1 Condutores

Deve ser inspecionado o estado da isolação dos condutores e seus dispositivos de fixação e suporte, observando sinais de aquecimento excessivo, rachaduras, ressecamento, fixação, identificação e limpeza.

8.3.2 Quadros de distribuição e painéis

8.3.2.1 Estrutura

Deve ser verificada a estrutura do(s) quadro(s) e/ou painel(is), observando seu estado geral quanto a fixação, danos na estrutura, pintura, corrosão, fechaduras e dobradiças.

Deve ser verificado o estado geral dos condutores e cordalhas de aterramento.

8.3.2.2 Componentes

No caso de componentes com partes internas móveis como contadores, relés, chaves seccionadoras, disjuntores, etc., devem ser inspecionados, quando o componente permitir, o estado dos contatos e das câmaras de arco, sinais de aquecimento, limpeza, fixação, ajustes e calibrações. Se possível, realizar algumas manobras no componente, verificando seu funcionamento.

No caso de componentes fixos como fusíveis, condutores, barramentos, calhas, canaletas, conectores, terminais, transformadores, etc., deve ser inspecionado o estado geral, observando sinais de aquecimento, fixação, identificação, ressecamento e limpeza.

No caso de sinalizadores, deve ser verificada a integridade do(s) soquete(s), fixação e limpeza interna e externa.

NOTA - O reaperto das conexões deverá ser feito no máximo em 90 dias após a entrada em operação e utilização efetiva das instalações elétricas correspondentes.

8.3.3 Equipamentos móveis

As ligações flexíveis que alimentam equipamentos móveis devem ser verificadas conforme 8.3.1, bem como a sua adequada articulação.

8.3.4 Ensaio

Devem ser efetuados os ensaios descritos em 7.3.2 a 7.3.4, além de 7.3.6, levando em consideração as prescrições de 7.3.1.1 e 7.3.1.2.

8.3.5 Teste geral

Ao término das verificações deverá ser efetuado um teste geral de funcionamento, simulando todas as situações de comando, seccionamento, proteção e sinalização, observando também os ajustes e calibrações dos componentes (relés, sensores, temporizadores, etc.), bem como a correta especificação de fusíveis, disjuntores, chaves seccionadoras, dispositivos DR, etc.

Deve ser verificado se os níveis de tensão estão adequados.

8.4 Manutenção corretiva

Toda instalação ou parte dela que não esteja em conformidade com 8.3, ou ainda, que por qualquer motivo coloque em risco a segurança dos seus usuários, deve ser imediatamente desenergizada, no todo ou na parte afetada, e somente deve ser recolocada em serviço após reparação satisfatória.

Toda falha ou anomalia constatada nas instalações, ou componentes ou equipamentos elétricos, ou em seu funcionamento, deve ser comunicada à pessoa advertida (BA4) ou qualificada (BA5), para fins de reparação, notadamente quando os dispositivos de proteção contra sobrecorrentes ou contra choques elétricos atuarem sem causa conhecida.

9 Requisitos para instalações ou locais especiais

As prescrições desta seção complementam, modificam ou substituem as prescrições gerais contidas nas seções anteriores desta Norma. A ausência de referência a se-

ções ou subseções anteriores significa que as prescrições gerais correspondentes são aplicáveis.

9.1 Locais contendo banheira ou chuveiro

9.1.1 Campo de aplicação

As prescrições particulares desta seção são aplicáveis a banheiras, piso-boxes, boxes e outros compartimentos para banho, bem como às áreas adjacentes. Nesses locais o risco de choque elétrico aumenta, devido à redução da resistência do corpo humano e ao contato com o potencial de terra. Estas prescrições não se aplicam a cabinas de banho pré-fabricadas e cobertas por normas específicas, salvo o mencionado em 9.1.4.3.3.

NOTA - Para salas de balneoterapia podem ser necessárias prescrições especiais.

9.1.2 Determinação das características gerais

9.1.2.1 Classificação dos volumes (ver também 4.3)

As presentes prescrições consideram quatro volumes (ver figuras 13 e 14):

a) o volume 0

- é o volume interior da banheira, do piso-boxe ou do rebaixo do boxe (local inundável em uso normal);

b) o volume 1 é limitado,

- de um lado, pela superfície vertical que circunscreve a banheira, o piso-boxe ou o rebaixo do boxe ou, na falta de uma clara delimitação do boxe, por uma superfície vertical situada a 0,6 m ao redor do chuveiro ou ducha e,

- por outro lado, pelo piso e pelo plano horizontal situado a 2,25 m acima do fundo da banheira, do piso do boxe ou do piso do banheiro;

c) o volume 2 é limitado,

- de um lado, pela superfície vertical externa do volume 1 e uma superfície vertical paralela situada a 0,60 m do volume 1 e,

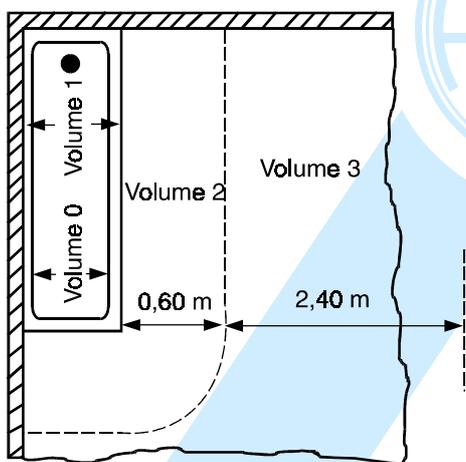
- por outro lado, pelo piso e pelo plano horizontal situado a 2,25 m acima do piso;

d) o volume 3 é limitado,

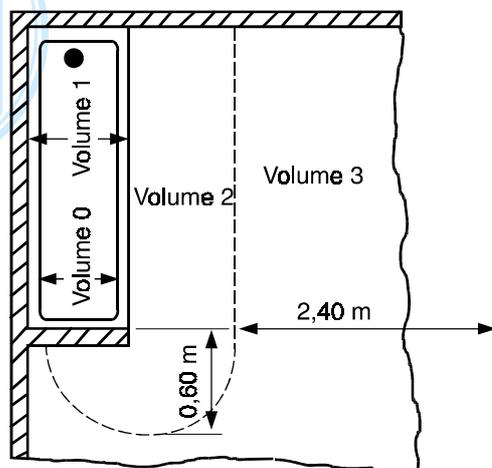
- de um lado, pela superfície vertical externa do volume 2 e uma superfície vertical paralela situada a 2,40 m do volume 2 e,

- por outro lado, pelo piso e pelo plano horizontal situado a 2,25 m acima do piso.

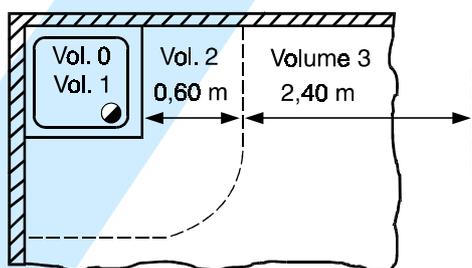
NOTA - As dimensões são medidas considerando-se paredes e divisórias fixas (ver figuras 13-(b), 13-(d) e 13-(f)).



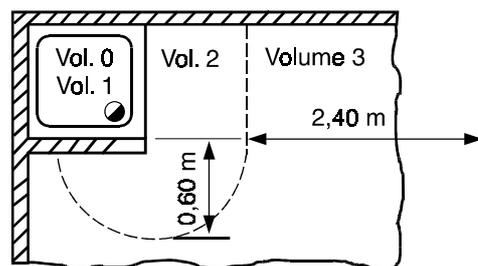
a) Banheira



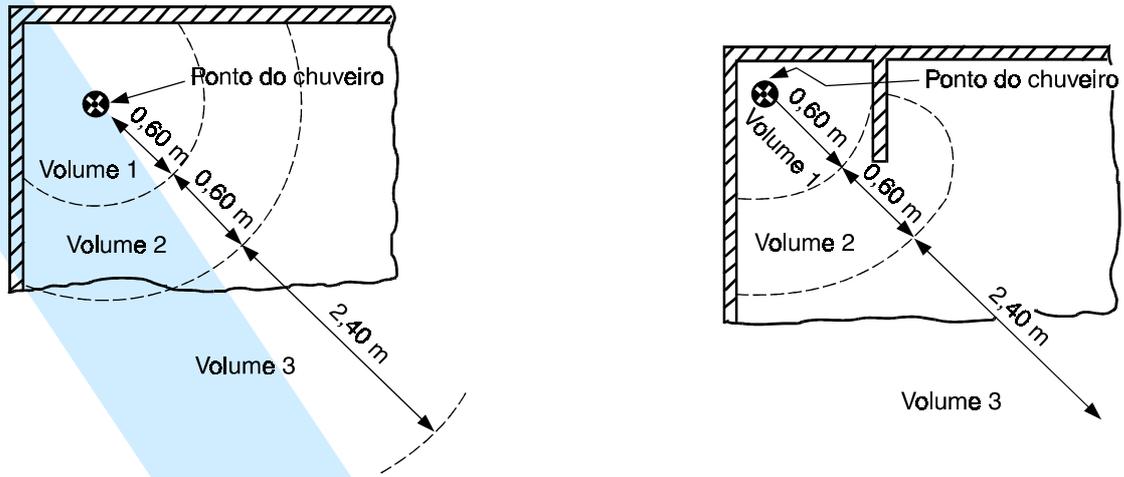
b) Banheira com parede fixa



c) Chuveiro ou ducha



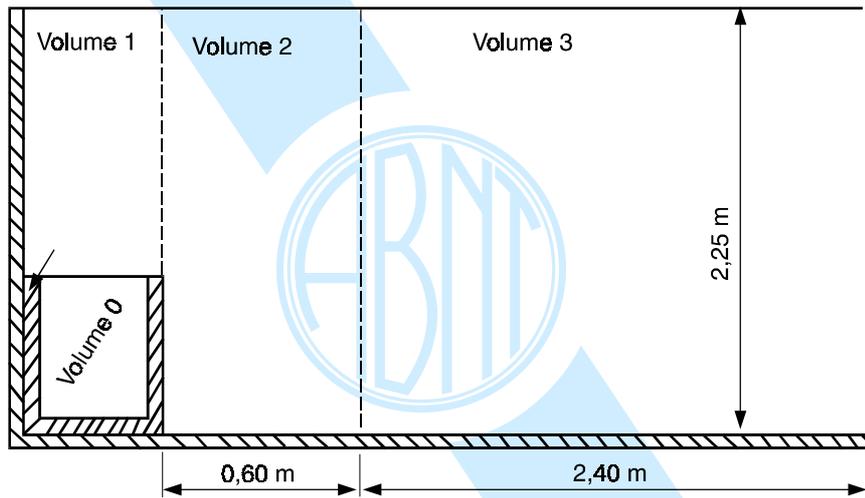
d) Chuveiro ou ducha com parede fixa



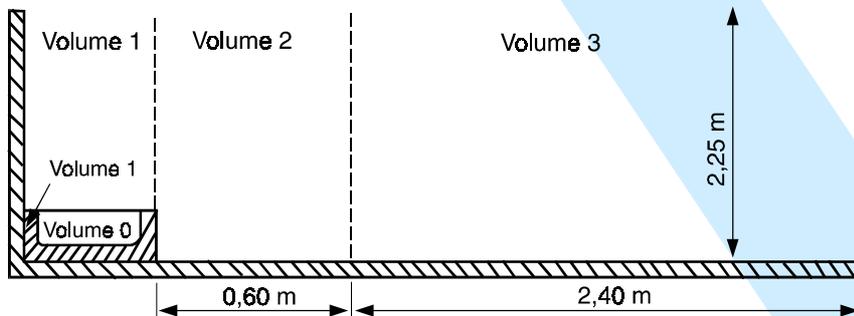
e) Chuveiro ou ducha sem clara delimitação do boxe

f) Chuveiro ou ducha sem piso-boxe e sem rebaixo mas com parede fixa

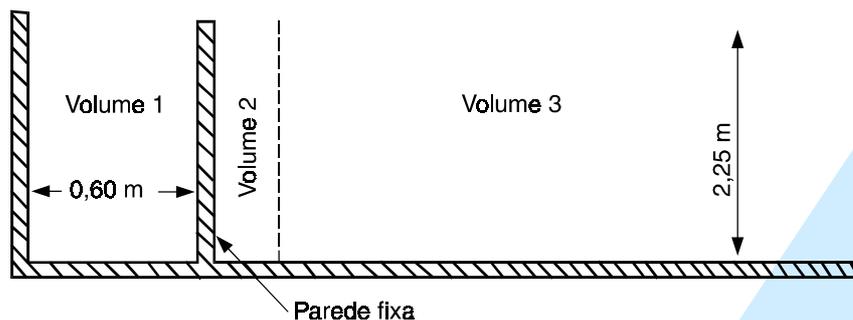
Figura 13 - Dimensões dos volumes (planta)



g) Banheira



h) Chuveiro ou ducha



i) Chuveiro ou ducha sem piso-boxe e sem rebaixo, mas com parede fixa

Figura 14 - Dimensões dos volumes (vista em elevação)

9.1.3 Proteção para garantir segurança

9.1.3.1 Proteção contra choques elétricos (ver também 5.1)

NOTA - Para proteção de tomadas de corrente, ver 9.1.4.3.2.

9.1.3.1.1 Quando for utilizada SELV, a proteção contra contatos diretos deve ser assegurada, qualquer que seja a tensão nominal, por:

- barreiras ou invólucros que apresentem grau de proteção pelo menos IP2X; ou
- uma isolamento capaz de suportar um ensaio de tensão aplicada de 500 V durante 1 min.

NOTA - Ver também 5.1.1.1.3.

9.1.3.1.2 Uma ligação eqüipotencial suplementar local deve ser realizada, reunindo todos os elementos condutores dos volumes 1, 2 e 3 e os condutores de proteção de todas as massas situadas nesses volumes.

NOTA - Ver também 5.1.3.1.6.

9.1.3.2 Aplicação das medidas de proteção contra choques elétricos

9.1.3.2.1 No volume 0, somente a proteção por SELV com tensão nominal não superior a 12 V é admitida, sendo que a fonte de segurança deve ser instalada fora do volume.

9.1.3.2.2 As medidas de proteção contra os contatos diretos por meio de obstáculos (5.1.2.3) e por colocação fora de alcance (5.1.2.4) não são admitidas (ver também 5.7.2.1).

9.1.3.2.3 As medidas de proteção contra contatos indiretos admitidas em locais não condutores (5.1.3.3) e a proteção por ligações eqüipotenciais locais não aterradas (5.1.3.4) não são permitidas (ver também 5.7.2.2).

9.1.4 Seleção e instalação dos componentes

9.1.4.1 Prescrições comuns

9.1.4.1.1 Os componentes da instalação elétrica devem possuir pelo menos os seguintes graus de proteção:

- no volume 0: IPX7;
- no volume 1: IPX4;

c) no volume 2: IPX4 - IPX5 (em banheiros públicos);

d) no volume 3: IPX1 - IPX5 (em banheiros públicos).

NOTA - Ver também 6.1.3.2.

9.1.4.2 Linhas elétricas (ver também 6.2)

9.1.4.2.1 Nos volumes 0, 1 e 2 as linhas devem ser limitadas às necessárias à alimentação de equipamentos situados nesses volumes.

9.1.4.2.2 Nos volumes 0, 1 e 2 as linhas aparentes ou embutidas até uma profundidade de 5 cm devem possuir uma isolamento que satisfaça às prescrições de 5.1.3.2 e não devem possuir qualquer revestimento metálico.

NOTA - Essas linhas podem, por exemplo, ser constituídas por condutores isolados contidos em eletroduto isolante ou por cabos multipolares sem qualquer revestimento metálico.

9.1.4.2.3 No volume 3 podem ser utilizados os seguintes tipos de linha:

- linhas aparentes ou embutidas possuindo uma isolamento que satisfaça às prescrições de 5.1.3.2 e sem qualquer revestimento metálico; ou
- linhas constituídas por condutores isolados ou cabos unipolares contidos em eletrodutos metálicos embutidos, desde que tais eletrodutos sejam incluídos na ligação eqüipotencial suplementar prescrita em 9.1.3.1.2 e que os circuitos neles contidos sejam protegidos por dispositivos a corrente diferencial-residual (dispositivos DR) de alta sensibilidade ($I \Delta N \leq 30 \text{ mA}$).

9.1.4.2.4 Nos volumes 0, 1 e 2 somente são admitidas as caixas de derivação destinadas às ligações dos equipamentos contidos nestes volumes (ver também 9.1.4.4).

9.1.4.3 Dispositivos de proteção, comando e seccionamento (incluindo tomadas de corrente) (ver também 6.3)

9.1.4.3.1 Nenhum dispositivo de proteção, comando ou seccionamento pode ser instalado nos volumes 0, 1 e 2.

NOTA - Nos volumes 1 e 2 são admitidos cordões isolantes de interruptores acionados a cordão, desde que atendam aos requisitos da IEC 669-1, bem como elementos de comando (circuitos auxiliares) alimentados em SELV, ou funcionando por radiofrequência, infravermelho ou outro meio que ofereça grau de segurança equivalente.

9.1.4.3.2 Admitem-se tomadas de corrente, no volume 3, desde que elas sejam:

- a) alimentadas individualmente por um transformador de separação de acordo com 5.1.3.5;
- b) ou alimentadas em SELV (5.1.1.1);
- c) ou protegidas por um dispositivo a corrente diferencial-residual (dispositivo DR) de alta sensibilidade ($I \Delta N \leq 30 \text{ mA}$).

9.1.4.3.3 Nenhum interruptor ou tomada de corrente deve ser instalado a menos de 0,60 m da porta aberta de uma cabine de banho pré-fabricada (figura 15).

9.1.4.4 Outros componentes fixos (ver também 6.5)

Estas prescrições não se aplicam a aparelhos alimentados em extrabaixa tensão de segurança nas condições de 5.1.1.1 e 9.1.3.1.1.

9.1.4.4.1 No volume 0 são admitidos somente equipamentos especialmente previstos para uso em banheira.

9.1.4.4.2 No volume 1 somente podem ser instalados aquecedores de água elétricos classe I ou II.

9.1.4.4.3 No volume 2 somente podem ser instalados luminárias classe II e aquecedores de água elétricos classe I ou II.

9.2 Piscinas

9.2.1 Campo de aplicação

As prescrições particulares desta subseção são aplicáveis aos reservatórios de água de piscinas, incluindo os lava-pés, e às áreas adjacentes às piscinas. Nesses locais, o risco de choque elétrico aumenta, devido à redução da

resistência elétrica do corpo humano e ao contato com o potencial de terra.

NOTA - Para piscinas de uso médico podem ser necessárias prescrições especiais.

9.2.2 Determinação das características gerais

9.2.2.1 Classificação dos volumes (ver também 4.3)

As presentes prescrições consideram três volumes (ver figuras 16 e 17):

- a) o volume 0
 - é o volume interior do reservatório (da piscina e do lava-pés);
- b) o volume 1 é limitado,

- de um lado, pela superfície vertical situada a 2 m das bordas do reservatório e,

- por outro lado, pelo piso ou superfície no qual as pessoas possam vir a se postar e o plano horizontal situado 2,5 m acima do piso ou da superfície;

NOTA - Quando a piscina possuir plataformas de salto, trampolins, blocos de partida ou escorregadores, o volume 1 deve incluir o volume limitado pela superfície vertical situada 1,50 m ao redor da plataforma, do trampolim, dos blocos de partida e/ou do escorregador e pelo plano horizontal situado 2,5 m acima da superfície mais elevada na qual as pessoas possam vir a se postar.

- c) o volume 2 é limitado,

- de um lado, pela superfície vertical externa do volume 1 e uma superfície paralela situada a 1,50 m da primeira e,

- por outro lado, pelo piso ou superfície na qual as pessoas possam vir a se postar e o plano horizontal situado a 2,50 m acima do piso ou da superfície.

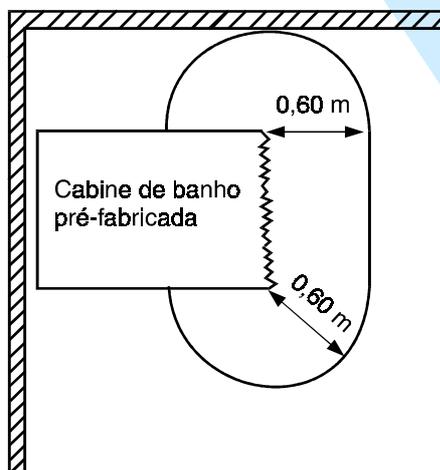
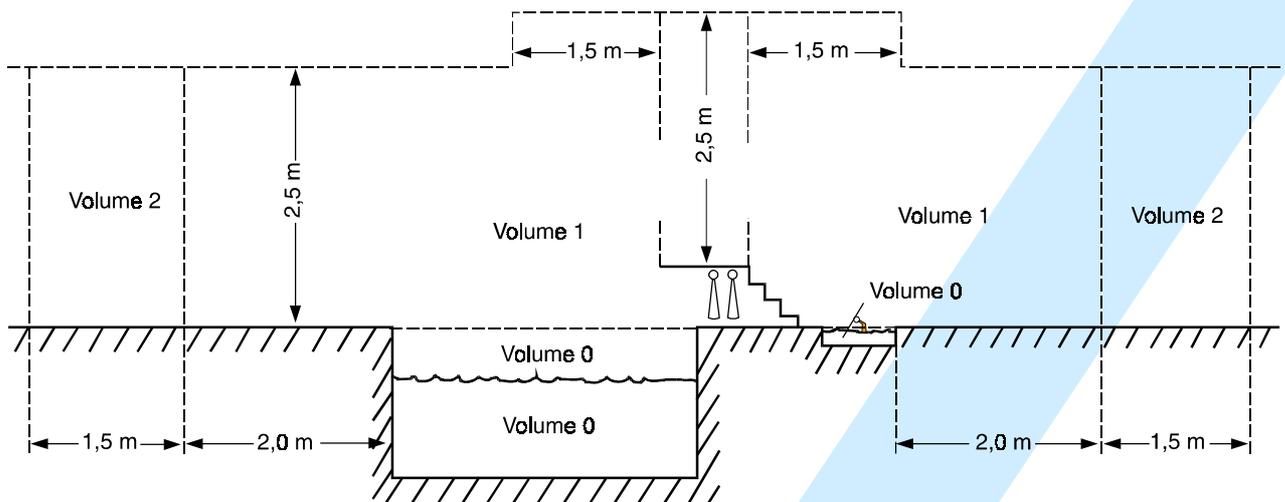
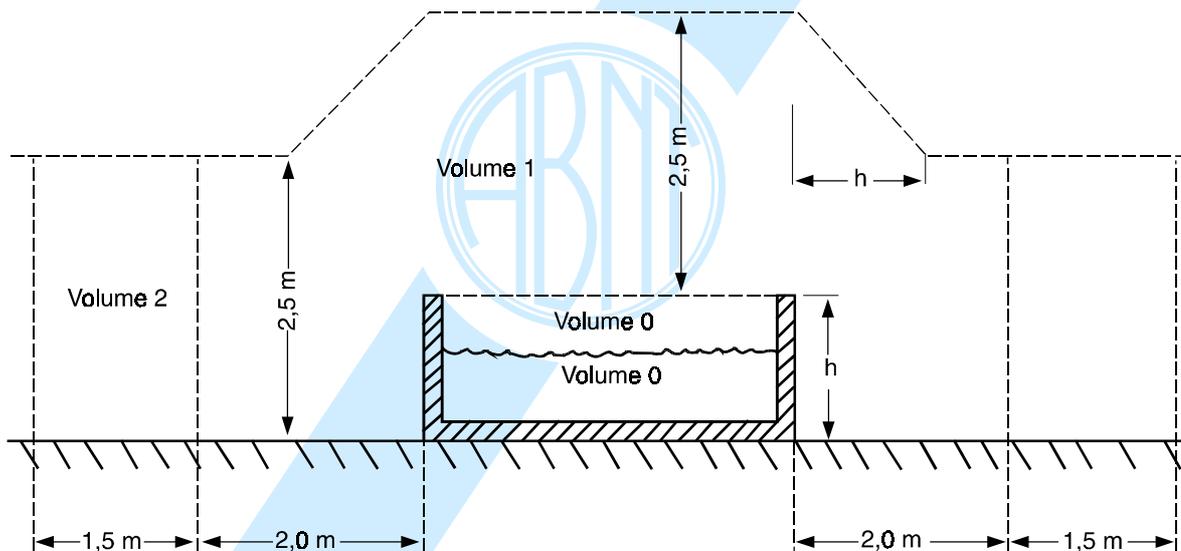


Figura 15 - Cabine de banho pré-fabricada



NOTA - As dimensões podem ser medidas levando-se em conta paredes e divisões fixas.

Figura 16 - Dimensões dos volumes para reservatórios de piscinas e lava-pés



NOTA - As dimensões podem ser medidas levando-se em conta paredes e divisões fixas.

Figura 17 - Dimensões dos volumes para reservatórios acima do solo

9.2.3 Proteção para garantir segurança

9.2.3.1 Proteção contra choques elétricos

9.2.3.1.1 Quando for utilizada SELV, a proteção contra contatos diretos deve ser assegurada, qualquer que seja a tensão nominal: por barreiras ou invólucros que apresentem grau de proteção pelo menos IP2X, ou por uma isolamento capaz de suportar um ensaio de tensão aplicada de 500 V durante 1 min.

NOTA - Ver também 5.1.1.1.3.

9.2.3.1.2 Uma ligação equipotencial suplementar local deve ser realizada, reunindo todos os elementos condutores

dos volumes 0, 1 e 2 e os condutores de proteção de todas as massas situadas nesses volumes.

NOTA - Ver também 5.1.3.1.6.

9.2.3.2 Aplicação das medidas de proteção contra choques elétricos

9.2.3.2.1 No volume 0 somente a proteção por SELV com tensão nominal não superior a 12 V é admitida, sendo que a fonte de segurança deve ser instalada fora do volume.

9.2.3.2.2 As medidas de proteção contra os contatos diretos por meio de obstáculos (5.1.2.3) e por colocação fora

de alcance (5.1.2.4) não são admitidas (ver também 5.7.2.1).

9.2.3.2.3 As medidas de proteção contra contatos indiretos admitidas em locais não condutores (5.1.3.3) e a proteção por ligações equipotenciais locais não aterradas (5.1.3.4) não são permitidas (ver também 5.7.2.2).

9.2.4 Seleção e instalação dos componentes

9.2.4.1 Prescrições comuns

9.2.4.1.1 Os componentes da instalação elétrica devem possuir pelo menos os seguintes graus de proteção:

- a) no volume 0: IPX8;
- b) no volume 1: IPX4;
- c) no volume 2: IPX2 para as piscinas cobertas, IPX4 para as piscinas ao tempo.

NOTA - Ver também 6.1.3.2.

9.2.4.2 Linhas elétricas (ver também 6.2)

9.2.4.2.1 Nos volumes 0 e 1 as linhas devem ser limitadas às necessárias à alimentação dos equipamentos situados nesses volumes.

9.2.4.2.2 Nos volumes 0 e 1 as linhas aparentes ou embutidas até uma profundidade de 5 cm devem possuir uma isolação que satisfaça às prescrições de 5.1.3.2 e não devem possuir qualquer revestimento metálico.

NOTA - Essas linhas podem, por exemplo, ser constituídas por condutores isolados contidos em eletroduto isolante ou por cabos multipolares sem qualquer revestimento metálico.

9.2.4.2.3 No volume 2 podem ser utilizados os seguintes tipos de linhas:

- a) linhas aparentes ou embutidas possuindo uma isolação que satisfaça às prescrições de 5.1.3.2 e sem qualquer revestimento metálico; ou
- b) linhas constituídas por condutores isolados ou cabos unipolares contidos em eletrodutos metálicos embutidos, desde que tais eletrodutos sejam incluídos na ligação equipotencial suplementar prescrita em 9.2.3.1.2 e que os circuitos neles contidos sejam protegidos por dispositivo a corrente diferencial-residual (dispositivo DR) de alta sensibilidade ($I \Delta N \leq 30 \text{ mA}$).

9.2.4.2.4 Nos volumes 0 e 1 não são admitidas caixas de derivação.

9.2.4.3 Dispositivos de proteção, comando e seccionamento (incluindo tomadas de corrente) (ver também 6.3)

9.2.4.3.1 Nenhum dispositivo de proteção, comando ou seccionamento pode ser instalado nos volumes 0 e 1.

9.2.4.3.2 Admitem-se tomadas de corrente, no volume 2, desde que elas sejam:

- a) alimentadas individualmente por um transformador de separação de acordo com 5.1.3.5;

b) ou alimentadas em extrabaixa tensão de segurança (5.1.1.1);

c) ou protegidas por um dispositivo a corrente diferencial-residual (dispositivo DR) de alta sensibilidade ($I \Delta N \leq 30 \text{ mA}$).

9.2.4.4 Outros componentes (ver também 6.5)

9.2.4.4.1 No volume 0 somente podem ser instalados equipamentos (tais como luminárias subaquáticas, bombas, etc.) alimentados em SELV com tensão nominal não superior a 12 V e nas condições descritas em 5.1.1.1.

9.2.4.4.2 No volume 1, os equipamentos devem ser:

- a) alimentados em SELV (5.1.1.1);
- b) ou da classe II (desde que sejam fixos).

9.2.4.4.3 No volume 2, os equipamentos de utilização devem ser:

- a) da classe II; ou
- b) da classe I, mas protegidos por dispositivo a corrente diferencial-residual (dispositivo DR) de alta sensibilidade ($I \Delta N \leq 30 \text{ mA}$);
- c) alimentados por transformador de separação de acordo com 5.1.3.5.

NOTA - Essas prescrições referentes ao volume 2 não se aplicam aos equipamentos alimentados em extrabaixa tensão de segurança conforme 5.1.1.1 e 9.2.3.1.1.

9.3 Compartimentos condutores

9.3.1 Campo de aplicação

9.3.1.1 As prescrições particulares desta subseção são aplicáveis às instalações de compartimentos condutores e à alimentação dos equipamentos no interior destes compartimentos.

9.3.1.2 Um compartimento condutor é um local cujas paredes são constituídas essencialmente de partes metálicas ou condutoras e no interior do qual uma pessoa pode, através de uma parte substancial de seu corpo, entrar em contato com as partes condutoras circundantes, sendo a possibilidade de interrupção deste contato limitada.

9.3.2 Proteção para garantir segurança

9.3.2.1 Proteção contra choques elétricos

9.3.2.1.1 Quando for utilizada extrabaixa tensão de segurança, a proteção contra contatos diretos deve ser assegurada, qualquer que seja a tensão nominal:

- a) por barreiras ou invólucros que apresentem grau de proteção pelo menos IP2X;
- b) ou por uma isolação capaz de suportar um ensaio de tensão aplicada de 500 V durante 1 min.

NOTA - Ver também 5.1.1.1.3.

9.3.2.2 Aplicação das medidas de proteção contra choques elétricos

9.3.2.2.1 Proteção contra contatos diretos (ver também 5.7.2.1)

As medidas de proteção contra contatos diretos por meio de obstáculos (5.1.2.3) e por colocação fora do alcance (5.1.2.4) não são admitidas.

9.3.2.2.2 Proteção contra contatos indiretos (ver também 5.7.2.2)

Somente são admitidas as seguintes medidas de proteção:

a) para alimentação de ferramentas portáteis e de aparelhos de medição portáteis:

- extra-baixa tensão de segurança (5.1.1.1);
- ou separação elétrica (5.1.3.5), limitada a um único equipamento por enrolamento secundário do transformador de separação. Deve ser dada preferência ao uso de equipamentos classe II, mas caso seja utilizado um equipamento classe I, este deve pelo menos possuir punhos em material isolante ou punhos com revestimento isolante;

NOTA - Um transformador de separação pode ter vários enrolamentos secundários.

b) para alimentação de lâmpadas portáteis:

- extra-baixa tensão de segurança (5.1.1.1). Uma luminária fluorescente com transformador de dois enrolamentos incorporado e alimentado em extra-baixa tensão de segurança é igualmente admitida;

c) para alimentação dos equipamentos fixos:

- seccionamento automático da alimentação (5.1.3.1). Neste caso deve-se realizar uma ligação equipotencial suplementar (ver 5.1.3.1.7) envolvendo as massas dos equipamentos fixos e as partes condutoras do compartimento;
- ou a extra-baixa tensão de segurança (5.1.1.1);
- ou a separação elétrica (5.1.3.5) limitada a um único aparelho por enrolamento secundário do transformador de separação.

NOTAS

1 As fontes de segurança e as fontes de separação devem ser instaladas fora do compartimento condutor, à exceção daquelas tratadas em 9.3.2.2.2-b) (ver também 5.7.2.2.2).

2 Se certos equipamentos fixos, tais como aparelhos de medição e de controle, necessitarem de aterramento funcional, deve ser realizada uma ligação equipotencial envolvendo todas as massas, todos os elementos condutores no interior do compartimento e o aterramento funcional.

9.4 Locais contendo aquecedores para sauna

9.4.1 Campo de aplicação

As prescrições particulares desta subseção são aplicáveis aos locais nos quais equipamentos de aquecimento para sauna são instalados e utilizados para tal finalidade.

9.4.2 Determinação das características gerais

9.4.2.1 Classificação dos volumes (ver também 4.3)

As presentes prescrições consideram quatro volumes (ver figura 18).

9.4.3 Proteção para garantir segurança

9.4.3.1 Proteção contra choques elétricos

9.4.3.1.1 Quando for utilizada extra-baixa tensão de segurança, a proteção contra contatos diretos deve ser assegurada, qualquer que seja a tensão nominal, por:

- a) barreiras ou invólucros que apresentem grau de proteção pelo menos IP2X; ou
- b) uma isolamento capaz de suportar um ensaio de tensão aplicada de 500 V durante 1 min.

NOTA - Ver também 5.1.1.1.3.

9.4.3.2 Aplicação das medidas de proteção contra choques elétricos

9.4.3.2.1 As medidas de proteção contra os contatos diretos por meio de obstáculos (5.1.2.3) e por colocação fora de alcance (5.1.2.4) não são admitidas (ver também 5.7.2.1).

9.4.3.2.2 As medidas de proteção contra contatos indiretos admitidas em locais não condutores (5.1.3.3) e a proteção por ligações equipotenciais locais não aterradas (5.1.3.4) não são permitidas (ver também 5.7.2.2).

9.4.4 Seleção e instalação dos componentes

9.4.4.1 Prescrições comuns

9.4.4.1.1 Os componentes da instalação elétrica devem possuir no mínimo grau de proteção IP-24.

9.4.4.1.2 Os cuidados a serem tomados em cada volume definido em 9.4.2.1 são:

- a) no volume 1 somente podem ser instalados equipamentos pertencentes ao aquecedor para a sauna;
- b) no volume 2 não há nenhum requisito especial quanto à suportabilidade térmica dos componentes;
- c) no volume 3 os componentes instalados devem suportar uma temperatura mínima de 125°C para serviço contínuo e a isolamento dos condutores deve suportar uma temperatura mínima de 170°C para serviço contínuo;
- d) no volume 4 somente podem ser instalados dispositivos de controle do aquecedor da sauna (termostatos) e respectivos condutores. As mesmas suportabilidades térmicas mencionadas em 9.4.4.1.2-c) devem aqui ser aplicadas.

9.4.4.2 Linhas elétricas

9.4.4.2.1 As linhas elétricas devem possuir uma isolamento que satisfaça às prescrições de 5.1.3.2 e não devem possuir qualquer revestimento metálico, ou conduto metálico.

9.4.4.3 Dispositivos de proteção, comando e seccionamento (incluindo tomadas de corrente) (ver também 6.3)

9.4.4.3.1 Dispositivos de proteção, comando ou seccionamento não incorporados ao aquecedor da sauna devem ser instalados fora do local da sauna.

9.4.4.3.2 Não são admitidas tomadas de corrente, em nenhum volume, dentro do local da sauna.

9.4.4.3.3 Deverá ser instalado dispositivo capaz de seccionar automaticamente a alimentação do aquecedor da sauna quando a temperatura no volume 4 atingir 140°C.

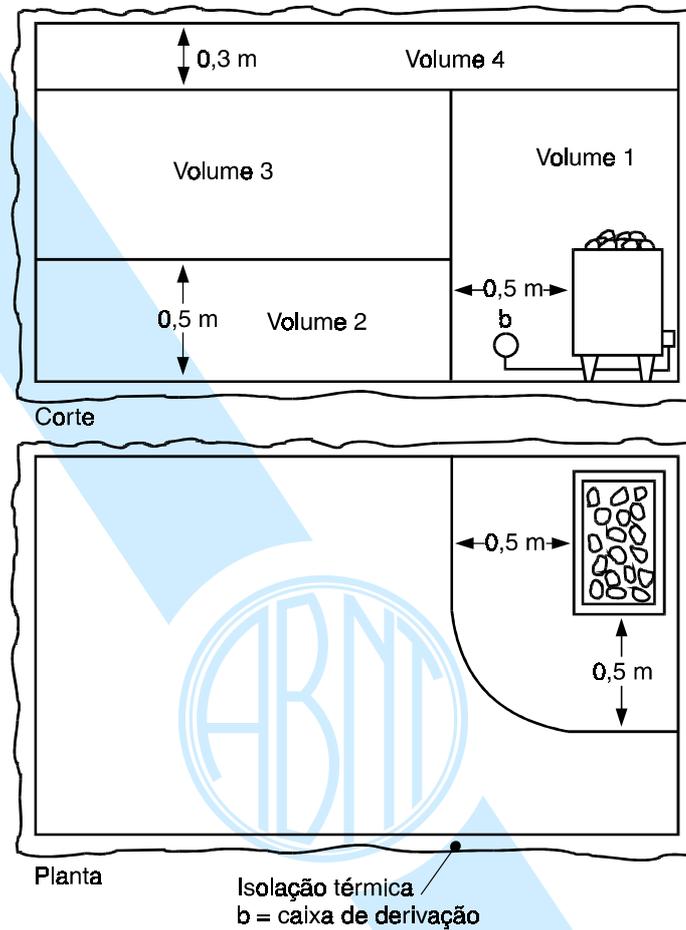


Figura 18

Anexo A (normativo)
Faixas de tensão

Tabela 57 - Faixas de tensão (em V)

Faixa	Sistemas diretamente aterrados				Sistemas não diretamente aterrados	
	Corrente alternada		Corrente contínua		Corrente alternada	Corrente contínua
	Entre fase e terra	Entre fases	Entre pólo e terra	Entre pólos	Entre fases	Entre pólos
I	$U \leq 50$	$U \leq 50$	$U \leq 120$	$U \leq 120$	$U \leq 50$	$U \leq 120$
II	$50 < U \leq 600$	$50 < U \leq 1\ 000$	$120 < U \leq 900$	$120 < U \leq 1\ 500$	$50 < U \leq 1\ 000$	$120 < U \leq 1\ 500$

NOTAS

1 Nos sistemas não diretamente aterrados, se o neutro (ou compensador) for distribuído, os equipamentos alimentados entre fase e neutro (ou entre pólo e compensador) devem ser escolhidos de forma que sua isolação corresponda à tensão entre fases (ou entre pólos).

2 Esta classificação das faixas de tensão não exclui a possibilidade de serem introduzidos limites intermediários para certas prescrições de instalação.



/ANEXO B

Anexo B (normativo)

Método de ensaio para medição da resistência elétrica de pisos e paredes

Um ohmímetro a magneto ou a bateria, com uma tensão em aberto de cerca de 500 V em corrente contínua (ou 1 000 V em corrente contínua se a tensão nominal da instalação for superior a 500 V), deve ser utilizado como fonte de tensão. A resistência deve ser medida entre o eletrodo de ensaio e o condutor de proteção da instalação. O eletrodo de ensaio pode ser um dos indicados em B.1 e B.2. Em caso de dúvida, o eletrodo 1 é considerado como método de referência.

NOTA - É recomendável que o ensaio seja realizado antes da aplicação dos acabamentos (vernizes, tintas, ceras e produtos similares).

B.1 Eletrodo de ensaio 1

B.1.1 O eletrodo consiste em uma placa metálica com 250 mm de lado e um pedaço de papel absorvente com 270 mm de lado. O papel ou pano deve estar úmido, com

o excesso de água removido, e deve ser colocado entre a placa metálica e a superfície a ser ensaiada.

B.1.2 Durante a medição deve ser aplicada, perpendicularmente à superfície do eletrodo uma força de 750 N e de 250 N, para pisos e paredes, respectivamente.

B.2 Eletrodo de ensaio 2

Consiste em um tripé metálico no qual os pontos de apoio formam um triângulo equilátero. Cada ponto de apoio deve ser provido de uma base flexível, garantindo, quando pressionado, uma superfície de contato de cerca de 900 mm², com uma resistência não menor que 5 000 Ω. Antes da medição, a superfície a ser ensaiada deve ser umedecida e coberta com um pano úmido. Durante a medição deve ser aplicada uma força, perpendicular à superfície em ensaio, de cerca de 750 N e de 250 N, para pisos e paredes, respectivamente (ver figura 19).

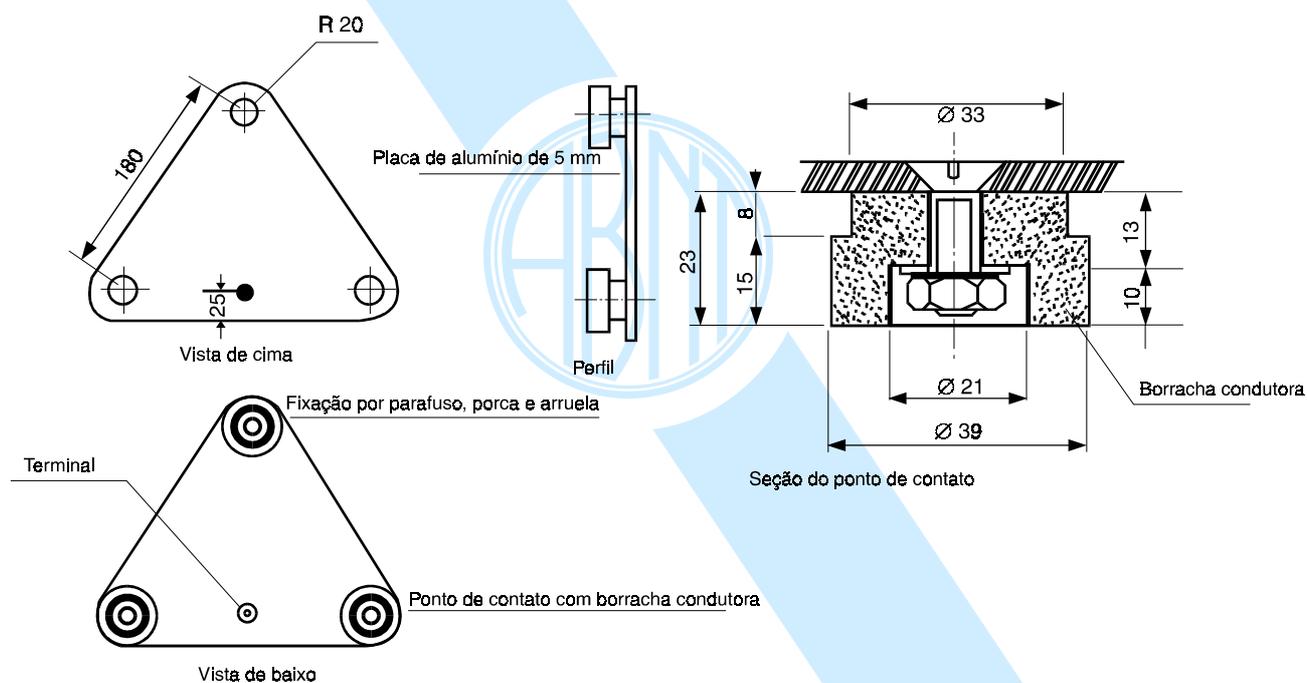


Figura 19

Anexo C (normativo)**Verificação da operação de dispositivos a corrente diferencial-residual (dispositivos DR)**

C.1 Os seguintes métodos são apresentados como exemplo:

C.1.1 Método 1 (ver figura 20)

C.1.1.1 Uma resistência variável R_p deve ser conectada, do lado da carga, entre um condutor vivo e a massa da carga.

C.1.1.2 A corrente diferencial-residual I_{Δ} pode ser aumentada pela redução do valor de R_p .

C.1.1.3 A corrente I_{Δ} que dispara o DR deve ser menor que $I_{\Delta N}$.

NOTA - Este método pode ser usado para esquemas TN e TN-S. Em esquemas TT é necessário conectar um ponto do sistema diretamente à terra durante o ensaio, para que o DR atue.

C.1.2 Método 2 (ver figura 21)

C.1.2.1 A resistência variável é conectada entre um condutor vivo a montante do DR e outro condutor vivo a jusante do DR. A corrente é aumentada pela redução de R_p .

C.1.2.2 A corrente I_{Δ} que dispara o DR deve ser inferior a $I_{\Delta N}$. A carga deve estar desconectada durante o ensaio.

NOTA - Este método pode ser usado para esquemas TT, TN-S e IT.

C.1.3 Método 3

C.1.3.1 A figura 22 mostra o princípio do método usando um eletrodo auxiliar. A corrente é aumentada pela redução do valor de R_p . A tensão U entre as massas acessíveis e o eletrodo auxiliar deve ser medida.

C.1.3.2 A corrente I (que deve ser inferior a $I_{\Delta N}$) à qual o dispositivo DR dispara também deve ser medida.

C.1.3.3 A seguinte condição deve ser atendida:

$$U \leq U_L$$

onde:

U_L é a tensão de contato limite (convencional).

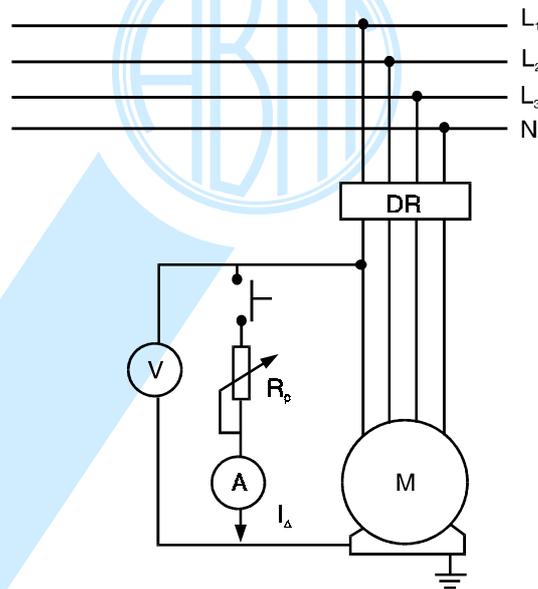


Figura 20

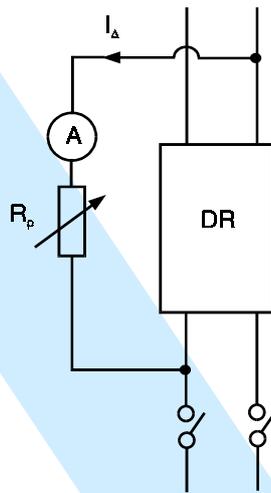


Figura 21

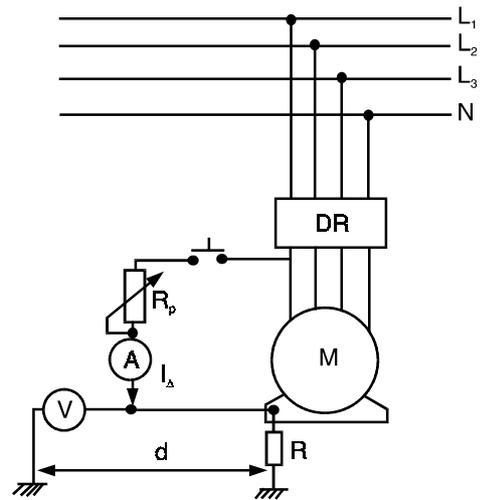


Figura 22



/ANEXO D

Anexo D (normativo)

Medição da resistência de aterramento

D.1 A título de exemplo, os procedimentos a seguir podem ser adotados quando a medição da resistência de aterramento for necessária.

D.1.1 Método convencional com medidor de resistência de terra

D.1.1.1 Uma corrente alternada de valor constante circula entre o eletrodo de aterramento T e o eletrodo auxiliar T₁, localizado fora da zona de influência do eletrodo T (ver figura 23).

D.1.1.2 Um segundo eletrodo auxiliar, T₂, que pode ser uma pequena haste enterrada no solo, é inserido a meio caminho entre T e T₁ e a tensão entre T e T₂ é medida. A resistência de aterramento dos eletrodos é a tensão entre T e T₂ dividida pela corrente entre T e T₁. Para verificar se não há influência entre os eletrodos, duas novas medições devem ser realizadas com T₂ deslocado de 6 m na direção de T e 6 m na direção de T₁.

D.1.1.3 Se os três resultados forem substancialmente semelhantes, a média das três leituras é tomada como sendo a resistência de aterramento do eletrodo T. Do contrário, o ensaio deve ser repetido com um maior espaçamento entre T e T₁.

D.1.2 Método por injeção de corrente, com amperímetro e voltímetro

D.1.2.1 Neste caso, usam-se também dois eletrodos auxiliares, porém em geral não alinhados, sendo a corrente compatível com uma tensão aplicada máxima de 50 V

entre o eletrodo de aterramento e um eletrodo auxiliar (ver figura 24). A queda de tensão no eletrodo a ensaiar é medida relativamente ao segundo eletrodo auxiliar.

D.1.2.2 Em geral procede-se como segue:

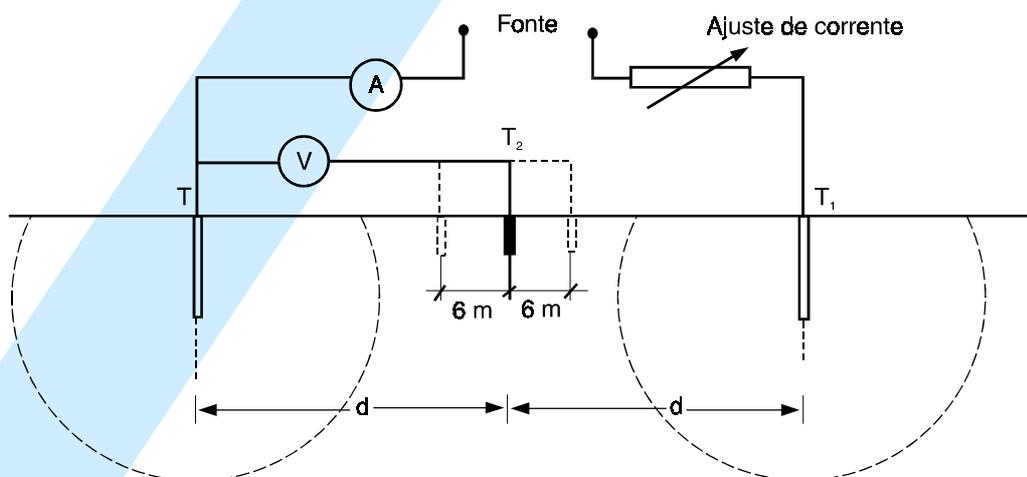
- Injeção de corrente entre os dois eletrodos auxiliares para determinar a soma das resistências de aterramento respectivas (divisão da tensão aplicada pela corrente injetada).

- Injeção de corrente entre o eletrodo a ensaiar e o eletrodo auxiliar 1. Medir as tensões entre cada eletrodo e o eletrodo auxiliar 2 e a corrente injetada. A partir destes valores calcular as resistências de aterramento dos dois eletrodos, a ensaiar e auxiliar 1.

- Inverter as funções dos eletrodos auxiliares e repetir a operação anterior, determinando as resistências do eletrodo a ensaiar e do auxiliar 2.

- Comparar os dois valores de resistência obtidos para o eletrodo a ensaiar e também a soma dos valores obtidos para 1 e 2 com a resistência global medida diretamente. Se os valores obtidos por medições diferentes forem semelhantes (caso habitual), esses valores são válidos; caso contrário, devem-se utilizar localizações mais adequadas (mais afastadas) para os eletrodos auxiliares.

D.2 Se o ensaio for realizado à frequência industrial, a fonte utilizada para o ensaio deve ser isolada do sistema de distribuição (por exemplo, pelo uso de transformador de enrolamentos separados).



T é o eletrodo de aterramento desconnectado de todas as outras fontes de tensão

T₁ é o eletrodo auxiliar

T₂ é o segundo eletrodo auxiliar

Figura 23 - Medição da resistência de aterramento com instrumento convencional

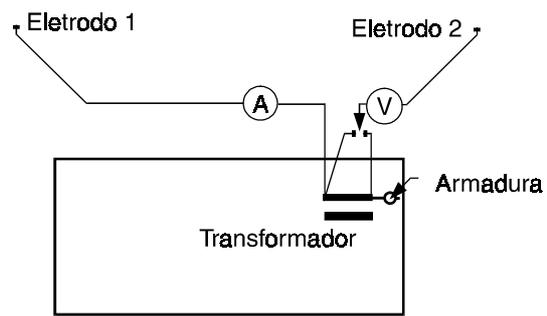


Figura 24 - Medição de resistência de aterramento por injeção de corrente

/ANEXO E



Anexo E (normativo)

Medição da impedância do percurso da corrente de falta

Os seguintes métodos podem ser adotados para a medição da impedância do percurso da corrente de falta.

NOTAS

1 Os métodos propostos fornecem apenas valores aproximados da impedância do referido percurso, uma vez que não são consideradas a natureza vetorial da tensão nem as condições no instante que precede a falta. O grau de aproximação é, no entanto, aceitável.

2 Recomenda-se que um ensaio de continuidade seja realizado entre o neutro e as massas, antes da medição da impedância do percurso da corrente de falta.

E.1 Método 1 - Medição da impedância do percurso da corrente de falta por meio da queda de tensão (ver figura 25)

A tensão do circuito a ser verificado é medida com e sem a conexão de uma carga resistiva. A corrente na carga também deve ser medida. O valor da impedância é:

$$Z = \frac{U_1 - U_2}{I_R}$$

onde:

U_1 é a tensão sem a carga;

U_2 é a tensão com a carga;

I_R é a corrente na carga.

E.2 Método 2 - Medição da impedância do percurso da corrente de falta por meio de fonte separada (ver figura 26)

O ensaio é realizado com a alimentação normal desconectada e o primário do transformador em curto-circuito. É utilizada uma fonte de baixa tensão para alimentar o circuito.

$$Z = \frac{U}{I}$$

onde:

U é a tensão na fonte;

I é a corrente circulando pelo circuito.

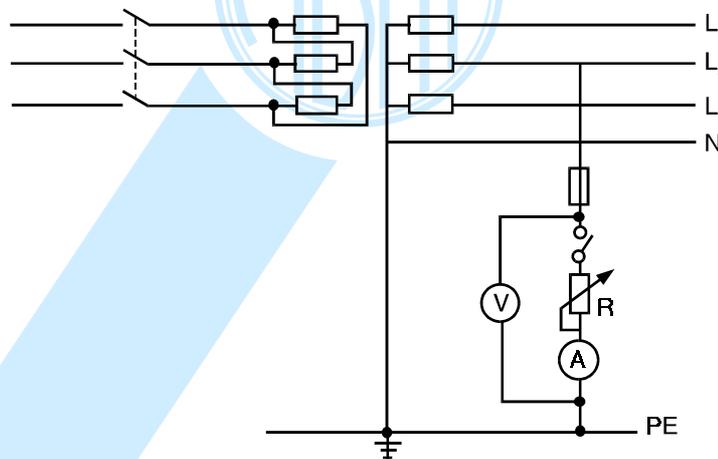


Figura 25 - Medição da impedância do percurso da corrente de falta por meio da queda de tensão

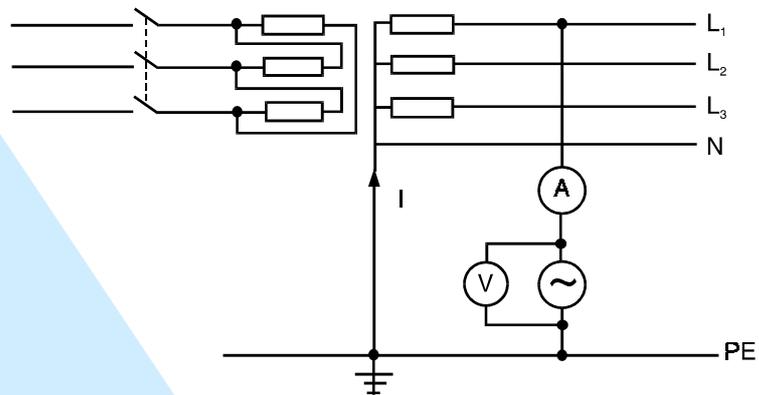


Figura 26 - Medição da impedância do percurso da corrente de falta por meio de fonte separada

/ANEXO F



Anexo F (normativo)
Ensaio de tensão aplicada

F.1 O seguinte procedimento é recomendado para realizar-se o ensaio de tensão previsto em 7.3.5.

1 min. A fonte deve ser capaz de manter a tensão de ensaio a despeito das correntes de fuga.

F.1.1 A tensão no momento da aplicação não deve exceder 50% da tensão de ensaio prevista na tabela 56. Esta deve ser levada a 100% em cerca de 10 s e mantida por

F.1.2 A tensão de ensaio deve ser substancialmente senoidal e a frequência deve estar entre 45 Hz e 62 Hz.

ÍNDICE



Prefácio	1
1 Objetivo	1
1.3 Prescrições fundamentais	2
1.3.1 Proteção contra choques elétricos	3
1.3.1.1 Proteção contra contatos diretos	3
1.3.1.2 Proteção contra contatos indiretos	3
1.3.2 Proteção contra efeitos térmicos	3
1.3.3 Proteção contra sobrecorrentes	3
1.3.3.1 Proteção contra correntes de sobrecarga	3
1.3.3.2 Proteção contra correntes de curto-circuito	3
1.3.4 Proteção contra sobretensões	3
1.3.5 Seccionamento e comando	3
1.3.5.1 Dispositivos de parada de emergência	3
1.3.5.2 Dispositivos de seccionamento	3
1.3.6 Independência da instalação elétrica	3
1.3.7 Acessibilidade dos componentes	3
1.3.8 Condições de alimentação	3
1.3.9 Condições de instalação	3
2 Referências normativas	3
3 Definições	4
4 Determinação das características gerais	4
4.1 Regra geral	4
4.2 Alimentação e estrutura	5
4.2.1 Potência de alimentação	5
4.2.1.1 Generalidades	5
4.2.1.2 Previsão de carga	5
4.2.1.2.1 Geral	5
4.2.1.2.2 Iluminação	5
4.2.1.2.3 Tomadas de uso geral	5
4.2.1.2.4 Tomadas de uso específico	6
4.2.2 Tipos de sistemas de distribuição	6
4.2.2.1 Esquemas de condutores vivos	6
4.2.2.2 Esquemas de aterramento.	6
4.2.2.2.1 Esquema TN	6
4.2.2.2.2 Esquema TT	6
4.2.2.2.3 Esquema IT.	8
4.2.2.2.4 Aterramento de neutro.	8
4.2.3 Alimentação	8
4.2.3.1 Generalidades	8
4.2.3.2 Sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança e sistemas de alimentação de reserva	9
4.2.4 Divisão das instalações	9
4.3 Classificação das influências externas	9
4.3.1 Meios ambientes	10
4.3.1.1 Temperatura ambiente	10
4.3.1.2 Altitude	10
4.3.1.3 Presença de água	10
4.3.1.4 Presença de corpos sólidos	10
4.3.1.5 Presença de substâncias corrosivas ou poluentes	10
4.3.1.6 Solicitações mecânicas	10

4.3.1.7 Presença de flora e mofo	10
4.3.1.8 Presença de fauna	10
4.3.1.9 Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes	10
4.3.1.10 Radiações solares	10
4.3.1.11 Raios	10
4.3.2 Utilizações	14
4.3.2.1 Competência das pessoas	14
4.3.2.2 Resistência elétrica do corpo humano	14
4.3.2.3 Contatos das pessoas com o potencial local	14
4.3.2.4 Condições de fuga das pessoas em emergências	14
4.3.2.5 Natureza das matérias processadas ou armazenadas	14
4.3.3 Construção das edificações	14
4.3.3.1 Materiais de construção	14
4.3.3.2 Estrutura das edificações.	14
4.4 Compatibilidade	17
4.5 Manutenção	17
4.6 Sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança	17
4.6.1 Generalidades.	17
4.6.2 Classificação.	17
4.7 Instalações temporárias.	17
4.7.1 Condições gerais.	17
4.7.2 Instalações de reparos	17
4.7.3 Instalações de trabalhos	18
4.7.4 Instalações semipermanentes	18
5 Proteção para garantir segurança	18
5.1 Proteção contra choques elétricos.	18
5.1.1 Proteção contra contatos diretos e indiretos	18
5.1.1.1 Proteção por sistema: SELV e PELV	18
5.1.1.1.2 Fontes para SELV e PELV	18
5.1.1.1.3 Condições de instalação dos circuitos	19
5.1.1.1.4 Requisitos para circuitos SELV	19
5.1.1.1.5 Requisitos para circuitos PELV	19
5.1.1.2 Proteção pela limitação da energia de descarga	20
5.1.1.3 Sistema FELV.	20
5.1.1.3.1 Geral	20
5.1.1.3.2 Proteção contra contatos diretos	20
5.1.1.3.3 Proteção contra contatos indiretos	20
5.1.1.3.4 Plugues e tomadas	20
5.1.2 Proteção contra contatos diretos	20
5.1.2.1 Proteção por isolamento das partes vivas	20
5.1.2.2 Proteção por meio de barreiras ou invólucros	20
5.1.2.3 Proteção parcial por meio de obstáculos	21
5.1.2.4 Proteção parcial por colocação fora de alcance	21
5.1.2.5 Proteção complementar por dispositivo de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivo DR)	22
5.1.3 Proteção contra os contatos indiretos	22
5.1.3.1 Proteção por seccionamento automático da alimentação	22
5.1.3.1.1 Princípios básicos	22
5.1.3.1.2 Ligações equipotenciais	23
5.1.3.1.3 Aplicação convencional	23

5.1.3.1.4 Esquema TN	23
5.1.3.1.5 Esquema TT	24
5.1.3.1.6 Esquema IT	24
5.1.3.1.7 Ligação equipotencial suplementar	25
5.1.3.2 Proteção pelo emprego de equipamentos da classe II ou por isolação equivalente	26
5.1.3.3 Proteção em locais não condutores	26
5.1.3.4 Proteção por ligações equipotenciais locais não aterradas	27
5.1.3.5 Proteção por separação elétrica	27
5.2 Proteção contra efeitos térmicos	28
5.2.1 Generalidades	28
5.2.2 Proteção contra incêndio	28
5.2.3 Proteção contra queimaduras	29
5.3 Proteção contra sobrecorrentes	29
5.3.1 Regra geral	29
5.3.2 Natureza dos dispositivos de proteção	29
5.3.2.1 Dispositivos que garantem simultaneamente a proteção contra correntes de sobrecarga e contra correntes de curto-circuito	30
5.3.2.2 Dispositivos que garantem apenas a proteção contra corrente de sobrecarga	30
5.3.2.3 Dispositivos que garantem apenas a proteção contra corrente de curto-circuito	30
5.3.3 Proteção contra correntes de sobrecarga	30
5.3.3.1 Prescrições gerais	30
5.3.3.2 Coordenação entre condutores e dispositivos de proteção	30
5.3.3.3 Proteção de condutores em paralelo	30
5.3.4 Proteção contra correntes de curto-circuito	30
5.3.4.1 Regra geral	30
5.3.4.2 Determinação das correntes de curto-circuito presumidas	31
5.3.4.3 Características dos dispositivos de proteção contra correntes de curto-circuito	31
5.3.4.4 Proteção de condutores em paralelo	31
5.3.5 Coordenação entre a proteção contra correntes de sobrecarga e a proteção contra correntes de curto-circuito	31
5.3.5.1 Proteções garantidas pelo mesmo dispositivo	31
5.3.5.2 Proteções garantidas por dispositivos distintos	32
5.3.6 Limitação das sobrecorrentes através das características da alimentação	32
5.4 Proteção contra sobretensões	32
5.4.1 Prescrições gerais	32
5.4.2 Sobretensões devidas a faltas em outra instalação de tensão mais elevada	32
5.4.3 Sobretensões de origem atmosférica	32
5.5 Proteção contra quedas e faltas de tensão	33
5.5.1 Medidas de proteção	33
5.6 Seccionamento e comando	33
5.6.1 Introdução	33
5.6.2 Generalidades	33
5.6.3 Seccionamento	33
5.6.4 Seccionamento para manutenção mecânica	33
5.6.5 Seccionamento de emergência, incluindo parada de emergência	34
5.6.6 Comando funcional	34
5.6.6.1 Generalidades	34
5.6.6.2 Circuitos de comando (circuitos auxiliares)	34
5.7 Aplicação das medidas de proteção	34
5.7.1 Prescrições gerais	34

5.7.2 Medidas de proteção contra choques elétricos	35
5.7.2.1 Proteção contra contatos diretos	35
5.7.2.2 Proteção contra contatos indiretos	35
5.7.3 Medidas de proteção contra incêndio	35
5.7.4 Medidas de proteção contra sobrecorrentes	35
5.7.4.1 Proteção contra correntes de sobrecarga	35
5.7.4.1.2 Omissão da proteção contra sobrecargas	35
5.7.4.1.3 Deslocamento ou omissão da proteção contra sobrecargas no esquema IT	35
5.7.4.1.4 Casos em que é recomendada a omissão da proteção contra sobrecargas por razões de segurança	36
5.7.4.2 Proteção contra curtos-circuitos	36
5.7.4.2.1 Localização dos dispositivos que assegurem a proteção contra curtos-circuitos	36
5.7.4.2.2 Deslocamento dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos	36
5.7.4.2.3 Casos em que se pode omitir a proteção contra curtos-circuitos	36
5.7.4.3 Proteção de acordo com a natureza dos dispositivos	36
5.7.5 Medidas de proteção contra sobretensões	37
5.7.6 Medidas de proteção contra quedas e faltas de tensão	37
5.7.7 Seccionamento e comando	37
5.7.7.1 Seccionamento	37
5.7.7.2 Seccionamento para manutenção mecânica	37
5.7.7.3 Seccionamento de emergência	37
5.7.7.4 Comando funcional	37
5.8 Seleção das medidas de proteção em função das influências externas	38
5.8.1 Seleção das medidas de proteção contra choques elétricos em função das influências externas	38
5.8.1.1 Generalidades	38
5.8.1.2 Medidas de proteção contra contatos diretos	38
5.8.1.3 Medidas de proteção contra contatos indiretos	41
5.8.1.3.1 Situação 1, 2 e 3	41
5.8.2 Proteção contra incêndio	41
5.8.2.1 Condições de fuga de pessoas em emergências	41
5.8.2.2 Natureza dos materiais processados ou armazenados	42
5.8.2.3 Construções combustíveis	43
5.8.2.4 Estruturas que facilitem a propagação de incêndio	43
6 Seleção e instalação dos componentes	43
6.1 Prescrições comuns a todos os componentes da instalação	43
6.1.1 Generalidades	43
6.1.2 Conformidade com as normas	43
6.1.3 Condições de serviço e influências externas	43
6.1.3.1 Condições de serviço	43
6.1.3.1.1 Tensão	43
6.1.3.1.2 Corrente	43
6.1.3.1.3 Freqüência	43
6.1.3.1.4 Potência	44
6.1.3.1.5 Compatibilidade	44
6.1.3.2 Influências externas	44
6.1.4 Acessibilidade	48
6.1.5 Identificação dos componentes	48
6.1.5.1 Generalidades	48
6.1.5.2 Linhas elétricas	48
6.1.5.3 Condutores	48

6.1.5.4 Dispositivo de proteção	48
6.1.6 Independência dos componentes	48
6.1.7 Documentação da instalação	49
6.2 Seleção e instalação das linhas elétricas	49
6.2.1. Generalidades	49
6.2.2 Tipos de linhas elétricas	49
6.2.3 Condutores	49
6.2.4 Seleção e instalação em função das influências externas	55
6.2.5 Capacidades de condução de corrente	55
6.2.5.1 Introdução	55
6.2.5.1.2 Métodos de referência	59
6.2.5.2 Generalidades	59
6.2.5.3 Temperatura ambiente	69
6.2.5.4 Resistividade térmica do solo	69
6.2.5.5 Agrupamento de circuitos	69
6.2.5.5.3 Métodos de instalação correspondentes aos métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D	70
6.2.5.5.4 Métodos de instalação correspondentes aos métodos de referência E e F	70
6.2.5.5.5 Grupos contendo cabos de dimensões diferentes	70
6.2.5.6 Número de condutores carregados	70
6.2.5.7 Condutores em paralelo	71
6.2.5.8 Variações das condições de instalação em um percurso	71
6.2.6 Seções dos condutores	71
6.2.6.4 Determinação das seções nominais de circuitos trifásicos considerando a presença de harmônicas	71
6.2.7 Quedas de tensão	73
6.2.8 Conexões	73
6.2.9 Condições gerais de instalação	74
6.2.9.1 Proteção contra influências externas	74
6.2.9.2 Extremidades	74
6.2.9.3 Travessias	74
6.2.9.4 Vizinhanças	74
6.2.9.5 Vizinhança com outras linhas elétricas	74
6.2.9.6 Barreiras corta-fogo	75
6.2.10 Instalações de condutores	75
6.2.11 Prescrições para instalação	75
6.2.11.1 Eletrodutos	75
6.2.11.2 Molduras	76
6.2.11.3 Ao ar livre (cabos em bandejas, leitos, prateleiras, suportes horizontais ou diretamente fixados a paredes ou tetos)	76
6.2.11.4 Canaletas e perfilados	77
6.2.11.5 Espaços de construção	77
6.2.11.6 Linhas elétricas enterradas	77
6.2.11.7 Instalação sobre isoladores	77
6.2.11.8 Linhas aéreas externas	78
6.2.11.9 Linhas pré-fabricadas	78
6.3 Dispositivos de proteção, seccionamento e comando	78
6.3.1 Generalidades	78
6.3.2 Prescrições comuns	78
6.3.3 Dispositivos de proteção contra os contatos indiretos por seccionamento automático da alimentação	78
6.3.3.1 Dispositivos de proteção a sobrecorrente	78

6.3.3.1.1 Esquema TN	78
6.3.3.1.2 Esquema TT	78
6.3.3.1.3 Esquema IT	78
6.3.3.2 Dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivos DR)	78
6.3.3.3 Dispositivos supervisores de isolamento (abreviadamente, DSI)	79
6.3.4 Dispositivos de proteção contra sobrecorrentes	79
6.3.4.1 Disposições gerais	79
6.3.4.2 Seleção dos dispositivos de proteção contra sobrecargas	79
6.3.4.3 Seleção dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos	80
6.3.5 Dispositivos de proteção contra sobretensões	81
6.3.6 Dispositivos de proteção contra quedas e faltas de tensão	83
6.3.7 Coordenação entre diferentes dispositivos de proteção	83
6.3.7.1 Seletividade entre dispositivos de proteção contra sobrecorrentes	83
6.3.7.2 Associação entre dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual e dispositivos de proteção contra sobrecorrentes	83
6.3.7.3 Seletividade entre dispositivos DR	83
6.3.8 Dispositivos de seccionamento e de comando	84
6.3.8.1 Generalidades	84
6.3.8.2 Dispositivos de seccionamento	84
6.3.8.3 Dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica	84
6.3.8.4 Dispositivos de seccionamento de emergência (incluindo parada de emergência)	85
6.3.8.5 Dispositivos de comando funcional	85
6.4 Aterramento e condutores de proteção	85
6.4.1 Generalidades	85
6.4.2 Ligações à terra	85
6.4.2.1 Aterramento	85
6.4.2.2 Eletrodos de aterramento	86
6.4.2.3 Condutores de aterramento	86
6.4.2.4 Terminal de aterramento principal	87
6.4.3 Condutores de proteção	87
6.4.3.1 Seções mínimas	87
6.4.3.2 Tipos de condutores de proteção	89
6.4.3.3 Preservação da continuidade elétrica dos condutores de proteção	90
6.4.4 Aterramento por razões de proteção	90
6.4.4.1 Condutores de proteção usados com dispositivos de proteção a sobrecorrentes	90
6.4.4.2 Aterramento de mastro de antenas e do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) da edificação	90
6.4.5 Aterramento por razões funcionais	90
6.4.5.1 Generalidades	90
6.4.6 Aterramento por razões combinadas de proteção e funcionais	90
6.4.6.1 Generalidades	90
6.4.6.2 Condutor PEN	90
6.4.7 Condutores de equipotencialidade	91
6.4.7.1 Seções mínimas	91
6.4.7.1.1 Condutores da ligação equipotencial principal	91
6.4.7.1.2 Condutores das ligações equipotenciais suplementares	91
6.4.8 Aterramento e equipotencialização de equipamentos de tecnologia da informação	91
6.4.8.1 Generalidades	91
6.4.8.2 Uso do terminal de aterramento principal	91
6.4.8.3 Compatibilidade com condutores PEN da edificação	91

6.4.8.4 Proteção contra corrosão eletrolítica	91
6.4.8.5 Barramento de equipotencialidade funcional	92
6.4.8.6 Ligação equipotencial	92
6.4.8.7 Condutores de aterramento funcional	92
6.4.8.8 Condutores de proteção e aterramento funcional	92
6.5 Outros componentes	93
6.5.1 Transformadores	93
6.5.2 Geradores	93
6.5.3 Motores	93
6.5.3.1 Generalidades	93
6.5.3.2 Limitação das perturbações devidas à partida de motores	93
6.5.3.3 Aplicações normais	93
6.5.3.4 Seleção dos condutores de alimentação	94
6.5.3.5 Proteção contra correntes de sobrecarga	94
6.5.3.6 Proteção contra correntes de curto-circuito	94
6.5.4 Conversores	95
6.5.5 Bateria de acumuladores	95
6.5.5.1 Acumuladores portáteis ou móveis	95
6.5.5.2 Acumuladores fixos	95
6.5.6 Tomadas de corrente e extensões	95
6.5.7 Conjuntos de dispositivos de proteção, seccionamento e comando	96
6.5.7.1 Componentes	96
6.5.7.2 Distâncias	96
6.5.7.3 Medidas de proteção para garantir segurança	96
6.5.7.4 Montagem	96
6.5.7.5 Marcações e indicações	96
6.5.8 Equipamentos de utilização	96
6.5.8.1 Ligação dos equipamentos às instalações	96
6.5.8.1.1 Ligação direta dos equipamentos a uma linha fixa	96
6.5.8.1.2 Ligação dos equipamentos por intermédio de uma linha móvel	96
6.5.8.2 Equipamentos de iluminação	96
6.5.8.2.1 Prescrições gerais	96
6.5.8.2.2 Porta-lâmpadas e proteção contra choques elétricos	97
6.5.8.3 Aparelhos eletrodomésticos e eletroprofissionais	97
6.5.8.3.1 Aparelhos de aquecimento elétrico de água	97
6.5.8.3.2 Aparelhos eletrônicos para uso doméstico	97
6.5.8.4 Equipamentos de aquecimento industriais	97
6.5.8.4.1 Equipamentos de aquecimento em geral	97
6.5.8.4.2 Equipamentos de aquecimento de líquidos	97
6.5.9 Quadros de distribuição	97
6.6 Sistema de alimentação elétrica para serviços de segurança	98
6.6.1 Generalidades	98
6.6.2 Fontes	98
6.6.3 Circuitos	98
6.6.4 Equipamentos de utilização	98
6.6.5 Prescrições especiais para sistemas de alimentação elétrica para serviços de segurança possuindo fontes não capazes de funcionar em paralelo	98
6.6.6 Prescrições especiais para sistemas de alimentação elétrica para serviços de segurança possuindo fontes capazes de funcionar em paralelo	98

7 Verificação final	99
7.1 Prescrições gerais	99
7.2 Inspeção visual	99
7.3 Ensaios	99
7.3.1 Prescrições gerais	99
7.3.2 Continuidade dos condutores de proteção, incluindo ligações equipotenciais principal e suplementares	99
7.3.3 Resistência de isolamento da instalação	99
7.3.4 Verificação das medidas de proteção por seccionamento automático da alimentação	100
7.3.4.1 Geral	100
7.3.4.1.1 Esquemas TT	100
7.3.4.1.2 Esquemas TN	100
7.3.4.1.3 Esquemas IT	100
7.3.4.2 Medição da resistência do eletrodo de aterramento	101
7.3.4.3 Medição da impedância do percurso da corrente de falta	101
7.3.4.4 Medição da resistência dos condutores de proteção	101
7.3.5 Ensaio de tensão aplicada	101
7.3.6 Ensaio de funcionamento	101
7.3.7 Proteção por separação elétrica	101
7.3.8 Resistência elétrica do piso e das paredes	102
8 Manutenção	102
8.1 Periodicidade	102
8.2 Executante	102
8.3 Verificações de rotina - Manutenção preventiva	102
8.3.1 Condutores	102
8.3.2 Quadros de distribuição e painéis	102
8.3.2.1 Estrutura	102
8.3.2.2 Componentes	102
8.3.3 Equipamentos móveis	102
8.3.4 Ensaio	102
8.3.5 Teste geral	102
8.4 Manutenção corretiva	102
9 Requisitos para Instalações ou locais especiais	102
9.1 Locais contendo banheira ou chuveiro	103
9.1.1 Campo de aplicação	103
9.1.2 Determinação das características gerais	103
9.1.2.1 Classificação dos volumes	103
9.1.3 Proteção para garantir segurança	105
9.1.3.1 Proteção contra choques elétricos	105
9.1.3.2 Aplicação das medidas de proteção contra choques elétricos	105
9.1.4 Seleção e instalação dos componentes	105
9.1.4.1 Prescrições comuns	105
9.1.4.2 Linhas elétricas	105
9.1.4.3 Dispositivos de proteção, comando e seccionamento (incluindo tomadas de corrente)	105
9.1.4.4 Outros componentes fixos	106
9.2 Piscinas	106
9.2.1 Campo de aplicação	106
9.2.2 Determinação das características gerais	106
9.2.2.1 Classificação dos volumes	106

9.2.3 Proteção para garantir segurança	107
9.2.3.1 Proteção contra choques elétricos	107
9.2.3.2 Aplicação das medidas de proteção contra choques elétricos	107
9.2.4 Seleção e instalação dos componentes	108
9.2.4.1 Prescrições comuns	108
9.2.4.2 Linhas elétricas	108
9.2.4.3 Dispositivos de proteção, comando e seccionamento (incluindo tomadas de corrente)	108
9.2.4.4 Outros componentes	108
9.3 Compartimentos condutores	108
9.3.1 Campo de aplicação	108
9.3.2 Proteção para garantir segurança	108
9.3.2.1 Proteção contra choques elétricos	108
9.3.2.2 Aplicação das medidas de proteção contra choques elétricos	109
9.3.2.2.1 Proteção contra contatos diretos	109
9.3.2.2.2 Proteção contra contatos indiretos	109
9.4 Locais contendo aquecedores para sauna	109
9.4.1 Campo de aplicação	109
9.4.2 Determinação das características gerais	109
9.4.2.1 Classificação dos volumes	109
9.4.3 Proteção para garantir segurança	109
9.4.3.1 Proteção contra choques elétricos	109
9.4.3.2 Aplicação das medidas de proteção contra choques elétricos	109
9.4.4 Seleção e instalação dos componentes	109
9.4.4.1 Prescrições comuns	109
9.4.4.2 Linhas elétricas	109
9.4.4.3 Dispositivos de proteção, comando e seccionamento (incluindo tomadas de corrente)	110
Anexo A - Faixas de tensão	111
Anexo B - Método de ensaio para medição da resistência elétrica de pisos e paredes	112
Anexo C - Verificação da operação de dispositivos a corrente diferencial-residual (dispositivos DR)	113
Anexo D - Medição da resistência de aterramento	115
Anexo E - Medição da impedância do percurso da corrente de falta	117
Anexo F - Ensaio de tensão aplicada	119
