

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
14039

Terceira edição
03.12.2021

**Instalações elétricas de média tensão de
1,0 kV a 36,2 kV**

Electrical Installations - Medium voltage

ICS 29.020; 29.080.01

ISBN 978-85-07-08827-1



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 14039:2021
96 páginas

©ABNT 2021



© ABNT 2021

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito pela ABNT.

Sede da ABNT

Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar

20003-900 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 2220-1762

abnt@abnt.org.br

www.abnt.org.br

Impresso no Brasil

Sumário

Página

Prefácio.....	vi
1 Objetivo.....	1
2 Referências normativas	2
3 Termos e definições	4
4 Princípios fundamentais e determinação das características gerais	4
4.1 Prescrições fundamentais.....	4
4.1.1 Proteção contra choques elétricos.....	5
4.1.2 Proteção contra efeitos térmicos.....	5
4.1.3 Proteção contra sobrecorrentes	5
4.1.4 Proteção contra sobretensões	5
4.1.5 Seccionamento e comando	5
4.1.6 Independência da instalação elétrica	5
4.1.7 Acessibilidade dos componentes.....	6
4.1.8 Condições de alimentação	6
4.1.9 Condições de instalação.....	6
4.2 Alimentação e estrutura geral	6
4.2.1 Potência de alimentação.....	6
4.2.2 Limitação das perturbações.....	7
4.2.3 Esquemas de aterramento.....	7
4.2.4 Alimentação	10
4.2.5 Tensão nominal	11
4.2.6 Corrente de curto-circuito	11
4.2.7 Frequência nominal.....	11
4.2.8 Corona	11
4.2.9 Características mecânicas	12
4.3 Classificação das influências externas.....	12
4.3.1 Meio ambiente.....	12
4.3.2 Utilizações	17
4.3.3 Construção das edificações	18
4.4 Manutenção.....	19
5 Proteção para garantir a segurança	19
5.1 Proteção contra choques elétricos.....	20
5.1.1 Proteção contra contatos diretos	20
5.1.2 Proteção contra contatos indiretos	24
5.2 Proteção contra efeitos térmicos.....	27
5.2.1 Generalidades	27
5.2.2 Proteção contra incêndio.....	27
5.2.3 Proteção contra queimaduras	27
5.3 Proteção contra sobrecorrentes	28
5.3.1 Proteção geral (subestação de entrada de energia)	28
5.3.2 Proteção contra correntes de sobrecarga	29
5.3.3 Proteção contra correntes de curto-circuito	29
5.3.4 Natureza dos dispositivos de proteção.....	29
5.4 Proteção contra sobretensões	29
5.5 Proteção contra mínima e máxima tensão e falta de fase.....	30
5.6 Proteção contra inversão de fase	30
5.7 Proteção das pessoas que trabalham nas instalações elétricas de média tensão.....	30
5.8 Proteção contra fuga de líquido isolante	31
5.9 Proteção contra perigos resultantes de faltas por arco	31

6	Seleção e instalação dos componentes.....	32
6.1	Prescrições comuns a todos os componentes da instalação.....	32
6.1.1	Generalidades.....	32
6.1.2	Componentes da instalação.....	32
6.1.3	Condições de serviço e influências externas.....	32
6.1.4	Acessibilidade.....	38
6.1.5	Identificação dos componentes.....	38
6.1.6	Independência dos componentes.....	39
6.1.7	Documentação da instalação.....	39
6.2	Seleção e instalação das linhas elétricas.....	40
6.2.1	Generalidades.....	40
6.2.2	Tipos de linhas elétricas.....	40
6.2.3	Cabos unipolares e multipolares.....	43
6.2.4	Seleção e instalação em função das influências externas.....	44
6.2.5	Capacidades de condução de corrente.....	47
6.2.6	Correntes de curto-circuito.....	65
6.2.7	Quedas de tensão.....	67
6.2.8	Conexões.....	67
6.2.9	Condições gerais de instalação.....	68
6.2.10	Instalações de cabos.....	69
6.2.11	Prescrições para instalação.....	70
6.3	Dispositivos de proteção, seccionamento e comando.....	76
6.3.1	Generalidades.....	76
6.3.2	Prescrições comuns.....	76
6.3.3	Dispositivos de proteção contra sobrecorrentes.....	76
6.3.4	Dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão.....	77
6.3.5	Seletividade entre dispositivos de proteção contra sobrecorrentes.....	77
6.3.6	Dispositivos de seccionamento e de comando.....	77
6.4	Aterramento e condutores de proteção.....	79
6.4.1	Generalidades.....	79
6.4.2	Ligações à terra.....	80
6.4.3	Condutores de proteção.....	82
6.4.4	Condutores de equipotencialidade.....	84
6.5	Outros equipamentos.....	85
6.5.1	Transformadores, autotransformadores e bobinas de indutância.....	85
6.5.2	Transformadores de medição.....	85
7	Verificação final.....	86
7.1	Prescrições gerais.....	86
7.2	Inspeção visual.....	86
7.3	Ensaio.....	87
7.3.1	Prescrições gerais.....	87
7.3.2	Continuidade elétrica dos condutores de proteção e das ligações equipotenciais principal e suplementares.....	87
7.3.3	Resistência de isolamento da instalação.....	87
7.3.4	Ensaio de tensão aplicada.....	88
7.3.5	Ensaio para determinação da resistência de aterramento.....	88
7.3.6	Ensaio recomendado pelos fabricantes dos equipamentos.....	88
7.3.7	Ensaio de funcionamento.....	88
8	Manutenção e operação.....	88
8.1	Condições gerais.....	88
8.2	Manutenção.....	89
8.2.1	Periodicidade.....	89
8.2.2	Manutenção preventiva.....	89
8.2.3	Manutenção corretiva.....	90
8.3	Operação.....	90
9	Subestações.....	90
9.1	Disposições gerais.....	90
9.2	Subestações abrigadas.....	91
9.2.1	Prescrições gerais.....	91

9.2.2	Instalações na superfície e acima da superfície do solo	92
9.2.3	Subestações subterrâneas	92
9.3	Subestações ao tempo	93
9.3.1	Disposições gerais	93
9.3.2	Subestações instaladas na superfície do solo	93
9.3.3	Subestações instaladas acima da superfície do solo	94
9.4	Subestação de transformação	94
9.5	Subestação de controle e manobra	95
Anexo A (normativo) Duração máxima da tensão de contato presumida		96



Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR 14039 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), pela Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Média Tensão (CE-003:064.011). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 06, de 30.06.2003. O Projeto de Emenda 1 circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 05, de 31.05.2004. O Projeto de Emenda 1 circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 09, de 08.09.2021 a 07.10.2021.

A ABNT NBR 14039 é baseada na NF C 13-200:1987 e IEC 61936-1:2002.

A ABNT NBR 14039:2021 equivale ao conjunto ABNT NBR 14039:2005 e Emenda 1, de 03.12.2021, que cancela e substitui a ABNT NBR 14039:2005.

Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV

1 Objetivo

1.1 Esta Norma estabelece um sistema para o projeto e execução de instalações elétricas de média tensão, com tensão nominal de 1,0 kV a 36,2 kV, à frequência industrial, de modo a garantir segurança e continuidade de serviço.

1.2 Esta Norma aplica-se a partir de instalações alimentadas pelo concessionário, o que corresponde ao ponto de entrega definido através da legislação vigente emanada da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Esta Norma também se aplica a instalações alimentadas por fonte própria de energia em média tensão.

1.3 Esta Norma abrange as instalações de geração, distribuição e utilização de energia elétrica, sem prejuízo das disposições particulares relativas aos locais e condições especiais de utilização constantes nas respectivas normas. As instalações especiais, tais como marítimas, de tração elétrica, de usinas, pedreiras, luminosas com gases (neônio e semelhantes), devem obedecer, além desta Norma, às normas específicas aplicáveis em cada caso.

1.4 As prescrições desta Norma constituem as exigências mínimas a que devem obedecer as instalações elétricas às quais se refere, para que não venham, por suas deficiências, prejudicar e perturbar as instalações vizinhas ou causar danos a pessoas e animais e à conservação dos bens e do meio ambiente.

1.5 Esta Norma aplica-se às instalações novas, às reformas em instalações existentes e às instalações de caráter permanente ou temporário.

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

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

1.7 A aplicação desta Norma não dispensa o respeito aos regulamentos de órgãos públicos aos quais a instalação deva satisfazer. Em particular, no trecho entre o ponto de entrega e a origem da instalação, pode ser necessário, além das prescrições desta Norma, o atendimento das normas e/ou padrões do concessionário quanto à conformidade dos valores de graduação (sobrecorrentes temporizadas e instantâneas de fase/neutro) e capacidade de interrupção da potência de curto-circuito.

NOTA A Resolução 456:2000 da ANEEL define que ponto de entrega é ponto de conexão do sistema elétrico da concessionária com as instalações elétricas da unidade consumidora, caracterizando-se como o limite de responsabilidade do fornecimento.

1.8 Esta Norma não se aplica:

- a) às instalações elétricas de concessionários dos serviços de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, no exercício de suas funções em serviço de utilidade pública;
- b) às instalações de cercas eletrificadas;
- c) trabalhos com circuitos energizados.

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.

ABNT NBR 5410, *Instalações elétricas de baixa tensão*

ABNT NBR 5460, *Sistemas elétricos de potência*

ABNT NBR 6251, *Cabos de potência com isolamento extrudado para tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos construtivos*

ABNT NBR 7282, *Dispositivos fusíveis de alta-tensão – Dispositivos tipo expulsão – Requisitos e métodos de ensaio*

ABNT NBR 7286, *Cabos de potência com isolamento extrudado de borracha etilenopropileno (EPR, HEPR ou EPR 105) para tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos de desempenho*

ABNT NBR 7287, *Cabos de potência com isolamento extrudado de polietileno reticulado (XLPE) para tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos de desempenho*

ABNT NBR 8451-2, *Postes de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica – Parte 2: Padronização de postes para redes de distribuição de energia elétrica*

ABNT NBR 8453-2, *Cruzetas de concreto armado e protendido para redes de distribuição de energia elétrica – Parte 2: Padronização*

ABNT NBR 8458, *Cruzetas de madeira para redes de distribuição de energia elétrica – Especificação*

ABNT NBR 9024, *Cabos de potência multiplexados autossustentados com isolamento extrudado de XLPE para tensões de 10 kV a 35 kV com cobertura – Requisitos de desempenho*

ABNT NBR 9511, *Cabos elétricos – Raios mínimos de curvatura para instalação e diâmetros mínimos de núcleos de carretéis para acondicionamento*

ABNT NBR 11301, *Cálculo da capacidade de condução de corrente de cabos isolados em regime permanente (fator de carga 100 %) – Procedimento*

ABNT NBR 15688, *Redes de distribuição aérea de energia elétrica com condutores nus*

ABNT NBR 16132, *Cabos de potência não halogenados, com baixa emissão de fumaça, isolados, com cobertura, para tensões de 3 kV a 35 kV – Requisitos de desempenho*

ABNT NBR 16202, *Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição elétrica – Requisitos*

ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, *Iluminação de ambientes de trabalho*

ABNT NBR NM IEC 60332-1, *Métodos de ensaios em cabos elétricos sob condições de fogo – Parte 1: Ensaio em um único condutor ou cabo isolado na posição vertical*

ABNT NBR NM IEC 60332-3-22, *Métodos de ensaio para cabos elétricos sob condições de fogo – Parte 3-22: Ensaio de propagação vertical da chama em condutores ou cabos em feixes montados verticalmente – Categoria A*

ABNT NBR NM IEC 60332-3-23, *Métodos de ensaios para cabos elétricos sob condições de fogo – Parte 3-23: Ensaio de propagação vertical da chama em condutores ou cabos em feixes montados verticalmente – Categoria B*

ABNT NBR NM IEC 60332-3-24, *Métodos de ensaios para cabos elétricos sob condições de fogo – Parte 3-24: Ensaio de propagação vertical da chama em condutores ou cabos em feixes montados verticalmente – Categoria C*

ABNT NBR IEC 60529, *Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP)*

ABNT NBR IEC 62271-200, *Conjunto de manobra e controle de alta-tensão – Parte 200: Conjunto de manobra e controle de alta-tensão em invólucro metálico para tensões acima de 1 kV até e inclusive 52 kV*

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60287 (all parts), *Electric cables*

IEC 60287-1-1, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General*

IEC 60287-2-1, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 2-1: Thermal resistance – Calculation of thermal resistance*

IEC 60287-2-2, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 2: Thermal resistance – Section 2: A method for calculating reduction factors for groups of cables in free air, protected from solar radiation*

IEC 60909-0, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents*

IEC 60853-1, *Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables – Part 1: Cyclic rating factor for cables up to and including 18/30(36) kV*

IEC 60949, *Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects*

IEC 60050-826, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 826: Electrical installations*

IEC 60282-1-1, *High-voltage fuses - Part 1: Current-limiting fuses*

IEC-CISPR/TR 18-1, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 1: Description of phenomena*

IEC-CISPR/TR 18-2, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits*

IEC-CISPR/TR 18-3, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 3: Code of practice for minimizing the generation of radio noise*

IEEE Std 738, *Standard for calculating the current-temperature relationship of bare overhead conductors*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento aplicam-se os termos e definições das ABNT NBR 5460 e IEC 60050-826, e os seguintes.

3.1 barramento blindado: Componente da instalação constituído de condutor rígido, sustentado por isoladores e protegido por invólucro metálico ou material com resistência equivalente.

3.2 cabos aéreos isolados: Cabos que, com isolamento adequada, não estando em contato com o solo nem instalados em eletrodutos ou canaletas, permanecem em contato direto com o ambiente. Podem ser auto-sustentados e não auto-sustentados.

3.3 cabos auto-sustentados: Cabos aéreos que, devido à sua construção, resistem a todos os esforços mecânicos decorrentes de sua instalação, sem o emprego de dispositivos suplementares de sustentação.

3.4 cabos não auto-sustentados: Cabos aéreos que exigem dispositivos auxiliares para a sua sustentação e para resistir aos esforços decorrentes de sua instalação.

3.5 origem da instalação

3.5.1 Nas instalações alimentadas diretamente por rede de distribuição pública em média tensão corresponde aos terminais de saída do dispositivo geral de comando e proteção; no caso excepcional em que tal dispositivo se encontre antes da medição, a origem corresponde aos terminais de saída do transformador de instrumento de medição.

3.5.2 Nas 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 corresponde uma origem, havendo tantas instalações quantos forem os transformadores.

3.5.3 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.

3.6 subestação de entrada de energia: Subestação que é alimentada pela rede de distribuição de energia do concessionário e que contém o ponto de entrega e a origem da instalação.

3.7 subestação transformadora: Subestação que alimenta um ou mais transformadores conectados a equipamentos diversos.

3.8 subestação unitária: Subestação que possui e, ou alimenta apenas um transformador de potência.

4 Princípios fundamentais e determinação das características gerais

As instalações e equipamentos devem ser capazes de suportar as influências ambientais, elétricas, mecânicas e climáticas previstas para o local de instalação.

4.1 Prescrições fundamentais

Em 4.1.1 a 4.1.11 são indicadas prescrições fundamentais destinadas a garantir a segurança de pessoas, e de animais e a conservação dos bens e do meio ambiente contra os perigos e danos que possam resultar da utilização das instalações elétricas, em condições que possam ser previstas.

4.1.1 Proteção contra choques elétricos

4.1.1.1 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.

4.1.1.2 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.

4.1.2 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 não devem correr riscos de queimaduras.

4.1.3 Proteção contra sobrecorrentes

4.1.3.1 Proteção contra correntes de sobrecarga

Todo 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 nominal e, em caso de passagem prolongada, possa provocar uma deterioração da instalação.

4.1.3.2 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 num tempo suficientemente curto para evitar a deterioração da instalação.

4.1.4 Proteção contra sobretensões

As pessoas, os animais e os bens devem ser protegidos contra as consequências 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.).

4.1.5 Seccionamento e comando

4.1.5.1 Dispositivos de parada de emergência

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

4.1.5.2 Dispositivos de seccionamento

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

4.1.6 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.

4.1.7 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;
- b) acessibilidade para fins de serviço, verificação, manutenção e reparos.

4.1.8 Condições de alimentação

As características dos componentes devem ser adequadas às condições de alimentação da instalação elétrica na qual sejam utilizados.

4.1.9 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 pode ser utilizado sempre que provido de uma proteção complementar apropriada, quando da execução da instalação.

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

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

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

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 geral

4.2.1 Potência de alimentação

4.2.1.1 Generalidades

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.

Na determinação da potência de alimentação de uma instalação ou de parte de uma instalação, devem-se prever os equipamentos 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:

- 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.

4.2.2 Limitação das perturbações

As instalações ligadas a uma rede de distribuição pública não devem prejudicar o funcionamento desta distribuição em serviço normal, da mesma forma que os aparelhos que fazem parte da instalação, quando em operação, não devem causar perturbações significativas na rede.

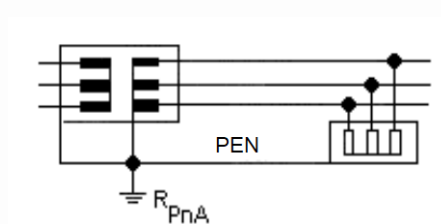
4.2.3 Esquemas de aterramento

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

- a) as figuras 1 a 6 mostram exemplos de sistemas trifásicos comumente utilizados;
- b) para classificação dos esquemas de aterramento é utilizada a seguinte simbologia:
- primeira letra - situação da alimentação em relação à terra:
 - T = um ponto de alimentação (geralmente o neutro) 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 ponto de alimentação;
 - N = massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto aterrado é normalmente o neutro);
 - terceira letra – situação de ligações eventuais com as massas da subestação:
 - R = as massas da subestação estão ligadas simultaneamente ao aterramento do neutro da instalação e às massas da instalação;
 - N = as massas da subestação estão ligadas diretamente ao aterramento do neutro da instalação, mas não estão ligadas às massas da instalação;
 - S = as massas da subestação estão ligadas a um aterramento eletricamente separado daquele do neutro e daquele das massas da instalação.

4.2.3.1 Esquema TNR

O esquema TNR possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas da instalação e da subestação ligadas a esse ponto através de condutores de proteção (PE) ou condutor de proteção com função combinada de neutro (PEN). Nesse esquema, toda corrente de falta direta fase-massa é uma corrente de curto-circuito (figura 1).



onde:

R_{PnA} é a resistência do eletrodo de aterramento comum à massa da subestação, do neutro e das massas da instalação.

Figura 1 — Esquema TNR

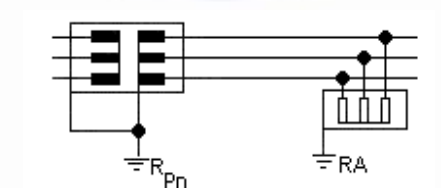
4.2.3.2 Esquemas TTN e TTS

Os esquemas TT_x possuem um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodos de aterramento eletricamente distintos do eletrodo de aterramento da subestação.

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.

São considerados dois tipos de esquemas, TTN e TTS, de acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção das massas da subestação, a saber:

- esquema TTN, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção das massas da subestação são ligados a um único eletrodo de aterramento (figura 2);
- esquema TTS, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção das massas da subestação são ligados a eletrodos de aterramento distintos (figura 3).

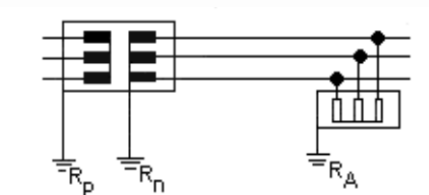


onde:

R_{Pn} é a resistência do eletrodo de aterramento comum à massa da subestação e do neutro;

R_A é a resistência do eletrodo de aterramento das massas da instalação.

Figura 2 — Esquema TTN



onde:

R_p é a resistência do eletrodo de aterramento da subestação;

R_n é a resistência do eletrodo de aterramento do neutro;

R_A é a resistência do eletrodo de aterramento das massas da instalação.

Figura 3 — Esquema TTS

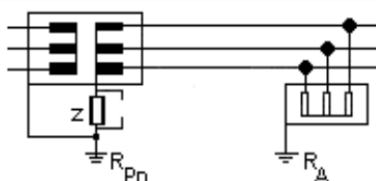
4.2.3.3 Esquemas ITN, ITS e ITR

Os esquemas Itx não possuem qualquer ponto da alimentação diretamente aterrado ou possuem um ponto da alimentação aterrado através de uma impedância, estando as massas da instalação ligadas a seus próprios eletrodos de aterramento.

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.

São considerados três tipos de esquemas, ITN, ITS e ITR, de acordo com a disposição do condutor neutro e dos condutores de proteção das massas da instalação e da subestação, a saber:

- esquema ITN, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção das massas da subestação são ligados a um único eletrodo de aterramento e as massas da instalação ligadas a um eletrodo distinto (figura 4);
- esquema ITS, no qual o condutor neutro, os condutores de proteção das massas da subestação e da instalação são ligados a eletrodos de aterramento distintos (figura 5);
- esquema ITR, no qual o condutor neutro, os condutores de proteção das massas da subestação e da instalação são ligados a um único eletrodo de aterramento (figura 6).

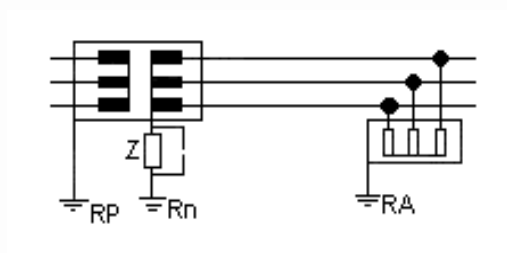


onde:

R_{pn} é a resistência do eletrodo de aterramento comum à massa da subestação e do neutro;

R_A é a resistência do eletrodo de aterramento das massas da instalação.

Figura 4 — Esquema ITN



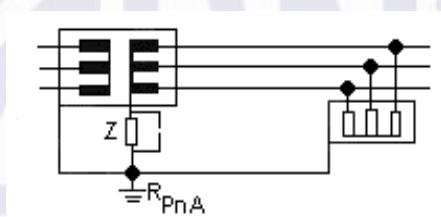
onde:

R_P é a resistência do eletrodo de aterramento da subestação;

R_N é a resistência do eletrodo de aterramento do neutro;

R_A é a resistência do eletrodo de aterramento das massas da instalação.

Figura 5 — Esquema ITS



onde:

R_{pnA} é a resistência do eletrodo de aterramento comum à massa da subestação, do neutro e das massas da instalação.

Figura 6 — Esquema ITR

4.2.3.4 Aterramento do condutor neutro

Quando a instalação for alimentada por concessionário, o condutor neutro, se existir e o concessionário permitir, deve ser aterrado na origem da instalação.

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

4.2.4 Alimentação

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

- natureza da corrente (ca ou cc);
- valor da tensão;
- valor da frequência;
- valor da corrente de curto-circuito presumida na origem da instalação.

4.2.4.2 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.

4.2.5 Tensão nominal

4.2.5.1 A tensão nominal da instalação é a maior tensão (valor eficaz) entre fases encontrada em condições normais de operação, em qualquer tempo e ponto da instalação ou parte desta.

NOTA Uma instalação pode ter várias tensões nominais, uma para cada parte.

4.2.5.2 As tensões nominais da instalação são as seguintes: 3 kV, 4,16 kV, 6 kV, 13,8 kV, 23,1 kV e 34,5 kV.

4.2.5.3 A tensão nominal e a identificação dos circuitos devem ser claramente indicadas.

4.2.5.4 A tensão nominal, padronizada na ABNT NBR IEC 62271-1, dos equipamentos utilizados nas instalações deve ser igual ou superior à tensão nominal da instalação.

4.2.5.5 Os valores de tensão máxima para o equipamento em função da tensão nominal da instalação devem ser selecionados de acordo com a norma do equipamento.

4.2.6 Corrente de curto-circuito

4.2.6.1 As instalações devem ser projetadas e construídas para suportar com segurança os efeitos térmicos e mecânicos resultantes de correntes de curto-circuito.

Quatro tipos de curtos-circuitos devem ser considerados:

- a) trifásico;
- b) bifásico;
- c) entre fase e neutro;
- d) entre duas fases e neutro.

NOTA Exemplos de cálculos de curtos-circuitos e seus efeitos podem ser obtidos nas IEC 60909-0 e IEC 60949.

4.2.6.2 As instalações devem ser providas de dispositivos automáticos para seccionar os curtos-circuitos entre fases, faltas à terra perigosas ou para indicar a condição de falta, dependendo principalmente do esquema de aterramento.

4.2.7 Frequência nominal

As instalações devem ser projetadas para a frequência nominal do sistema.

4.2.8 Corona

As instalações devem ser projetadas para que a radiointerferência devida ao efeito corona não exceda os limites estabelecidos em normas e/ou regulamentos específicos sobre o assunto.

NOTA Exemplos de recomendações para a minimização da radiointerferência das instalações podem ser obtidos na IEC-CISPR 18 Partes 1, 2 e 3.

4.2.9 Características mecânicas

Equipamentos e estruturas de sustentação, incluindo suas fundações, devem suportar as combinações dos vários esforços mecânicos previstos em uma instalação.

NOTA Os esforços mais usuais a serem considerados são os seguintes: carga de tensionamento, carga de erguimento, carga de vento, forças de comutação, forças de curto-circuito e perda de tensão nos condutores.

4.3 Classificação das influências externas

Esta seção 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 seção não é destinada à marcação dos componentes.

4.3.1 Meio ambiente

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.

Tabela 1 — Temperatura ambiente

Código	Classificação	Características	
		Limite inferior °C	Limite superior °C
AA3	Frio	- 25	+ 5
AA4	Temperado	- 5	+ 40
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.			

4.3.1.2 Altitude

Conforme a tabela 2.

Tabela 2 — Altitude

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AC1	Baixa	$\leq 1\ 000\text{ m}$	Para alguns materiais, medidas especiais podem ser necessárias a partir de 1 000 m de altitude
AC2	Alta	$> 1\ 000\text{ m}$	

4.3.1.3 Presença de água

Conforme a tabela 3.

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 apresentar 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 numa direção em ângulo máximo de 60° com a vertical	Locais em que a água, ao respingar, forma uma película nas paredes ou pisos
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
AD5	Jatos de água	Possibilidade de jatos de água sob pressão em qualquer direção	Locais que são freqüentemente lavados com ajuda de mangueiras
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 suscetíveis 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)

4.3.1.4 Presença de corpos sólidos

Conforme a tabela 4.

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 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	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, deve-se considerar simultaneamente outras classes de influências externas, se necessário
NOTA Nas condições AE2 e AE3 pode existir poeira, desde que esta não tenha influência sobre os materiais elétricos.			

4.3.1.5 Presença de substâncias corrosivas ou poluentes

Conforme a tabela 5.

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

4.3.1.6 Solicitações mecânicas

Conforme a tabela 6.

4.3.1.7 Presença de flora e mofo

Conforme a tabela 7.

4.3.1.8 Presença de fauna

Conforme a tabela 8.

Tabela 6 — Solicitações mecânicas

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
Choques mecânicos			
AG1	Fracos	Meios que podem produzir choques de energia igual ou inferior a 0,25 J	-
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 significativos	Meios que podem produzir choques de energia superior a 20 J	Condições industriais muito severas
Vibrações			
AH1	Fracas	Vibrações desprezíveis	-
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 industriais 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 desenvolvimento 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

4.3.1.9 Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes

Conforme a tabela 9.

Tabela 9 — Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AM1	Desprezível	Ausência de efeitos prejudiciais devidos às 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	-

4.3.1.10 Radiações solares

Conforme a tabela 10.

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

4.3.1.11 Raios

Conforme a tabela 11.

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.

Tabela 12 — Competência das pessoas

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BA1	Comuns	Pessoas inadvertidas	-
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 trabalhando em 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/ou técnicos trabalhando em locais de serviço elétrico fechados

4.3.2.2 Resistência elétrica do corpo humano

Conforme a tabela 13.

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 a ponto de se poder desprezar a resistência da pele e dos pés

4.3.2.3 Contatos das pessoas com o potencial local

Conforme a tabela 14.

Tabela 14 — Contatos das pessoas com o potencial local

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BC3	Frequentes	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

4.3.2.4 Condições de fuga das pessoas em emergências

Conforme a tabela 15.

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

4.3.2.5 Natureza das matérias processadas ou armazenadas

Conforme a tabela 16.

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	
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

4.3.3 Construção das edificações

4.3.3.1 Materiais de construção

Conforme a tabela 17.

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

4.3.3.2 Estrutura das edificações

Conforme a tabela 18.

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 código BD2 da tabela 15) ou edificações com sistemas de ventilação forçada
CB3	Movimentos	Riscos devidos aos movimentos de estrutura (por exemplo, deslocamentos entre partes diferentes de um prédio ou entre um prédio e o solo), assentamento dos terrenos ou das fundações das edificações	Edificações de grande altura ou construídas 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 Manutenção

Deve-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, de forma que:

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

5 Proteção para garantir a segurança

As medidas de proteção para garantir a segurança podem ser aplicadas a uma instalação completa, a uma parte de uma instalação ou a um componente.

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 5.1.1 e 5.1.2.

5.1.1 Proteção contra contatos diretos

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

- a) proteção por isolamento das partes vivas, conforme 5.1.1.1;
- b) proteção por meio de barreiras ou invólucros, conforme 5.1.1.2;
- c) proteção por meio de obstáculos, conforme 5.1.1.3;
- d) proteção parcial por colocação fora de alcance, conforme 5.1.1.4.

5.1.1.1 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. Observar 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.

5.1.1.2 Proteção por meio de barreiras ou invólucros

5.1.1.2.1 As barreiras ou os invólucros são destinados a impedir todo contato com as partes vivas da instalação elétrica, conforme a ABNT NBR IEC 60529.

5.1.1.2.2 As partes vivas devem estar no interior de invólucros ou atrás de barreiras que confirmem pelo menos o grau de proteção IP3X, conforme a ABNT NBR IEC 60529.

5.1.1.2.3 As superfícies superiores das barreiras ou dos invólucros horizontais que sejam facilmente acessíveis devem atender pelo menos ao grau de proteção IP4X, conforme a ABNT NBR IEC 60529.

5.1.1.2.4 As barreiras e invólucros devem ser fixados de forma segura e possuir robustez e 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.

5.1.1.2.5 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; e
- 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

NOTA Esta prescrição é atendida com utilização de intertravamento mecânico e/ou elétrico.

- c) que haja interposta uma segunda barreira ou isolamento que não possa ser retirada sem a desenergização das partes vivas protegidas por essas barreiras e que impeça qualquer contato com as partes vivas.

5.1.1.3 Proteção por meio de obstáculos

5.1.1.3.1 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.

5.1.1.3.2 Os obstáculos devem impedir:

- uma aproximação física não intencional das partes vivas (por exemplo, por meio de corrimões ou de telas de arame);
- 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).

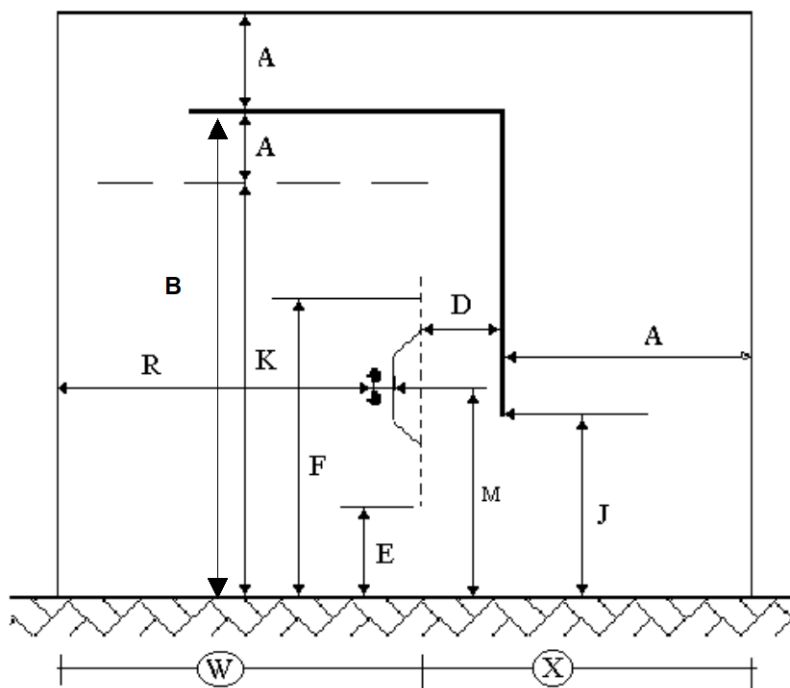
5.1.1.3.3 Os obstáculos podem ser desmontáveis sem a ajuda de uma ferramenta ou de uma chave, entretanto, devem ser fixados de forma a impedir qualquer remoção involuntária.

5.1.1.4 Proteção parcial por colocação fora de alcance

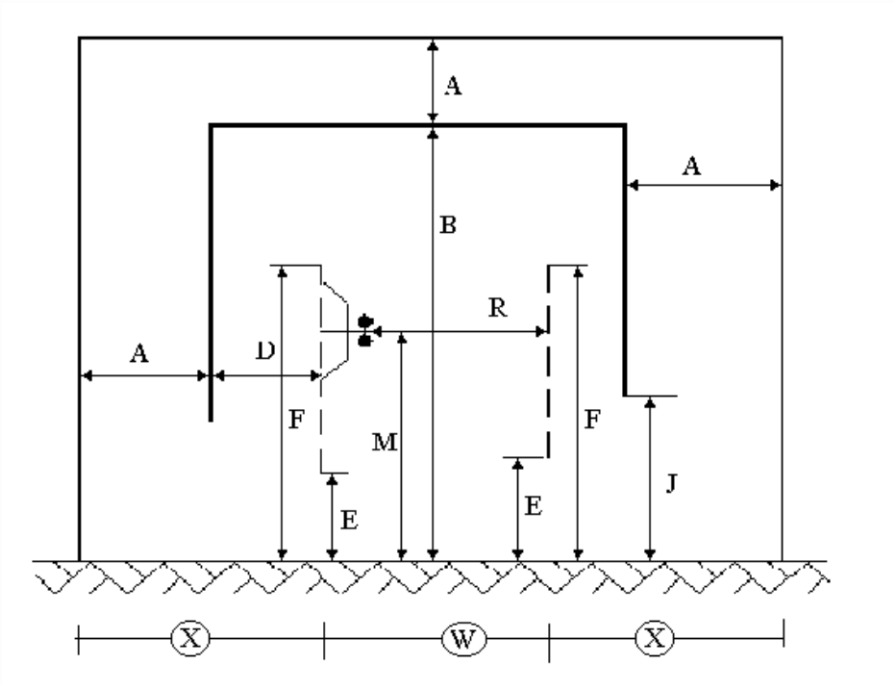
5.1.1.4.1 A colocação fora de alcance é somente destinada a impedir os contatos fortuitos com as partes vivas.

5.1.1.4.2 Quando há o espaçamento, este deve ser suficiente para que se evite que pessoas circulando nas proximidades das partes vivas em média tensão possam entrar em contato com essas partes, seja diretamente ou por intermédio de objetos que elas manipulem ou transportem.

5.1.1.4.3 Os espaçamentos mínimos previstos para instalações internas são definidos nas figuras 7-a) e 7-b) com os valores da tabela 19 e para instalações externas na figura 8 com os valores da tabela 20.



a) Circulação por um lado



b) Circulação por mais de um lado

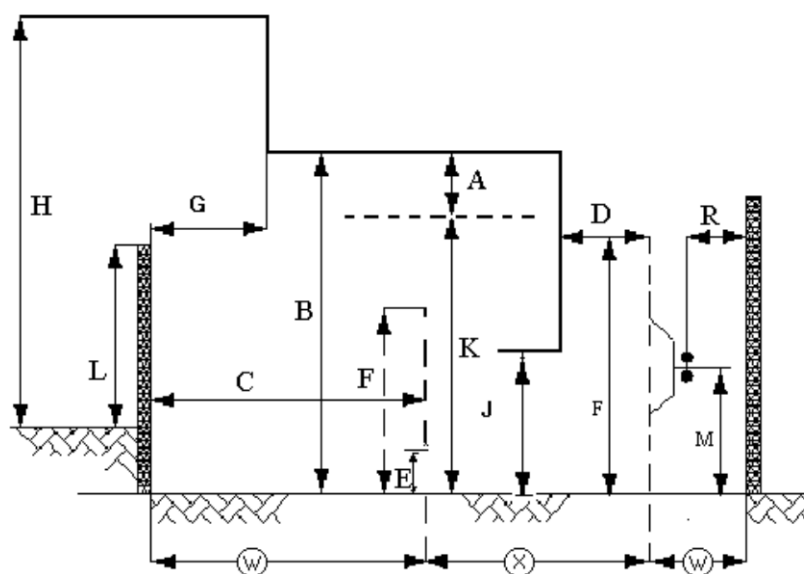
Legenda:

- Partes vivas
- Anteparos: tela ou grade metálica
- Dispositivos de manobra
- W - Área de circulação permitida a pessoas advertidas
- X - Área de circulação proibida

Figura 7 — Espaçamento para instalações internas

Tabela 19 — Espaçamento para instalações internas

Dimensões mínimas mm		
D	300 até 24,2kV	Distância entre a parte viva e um anteparo vertical
	400 para 36,2kV	
A	-	Valores de distâncias mínimas da tabela 21
R	1 200	Locais de manobra
B	2 700	Altura mínima de uma parte viva com circulação
K	2 000	Altura mínima de um anteparo horizontal
F	1 700	Altura mínima de um anteparo vertical
J	E+300	Altura mínima de uma parte viva sem circulação
Dimensões máximas mm		
E	300	Distância máxima entre a parte inferior de um anteparo vertical e o piso
M	1 200	Altura dos punhos de acionamento manual
malha	20	Abertura da malha

**Legenda:**

Partes vivas



Anteparos: tela ou grade metálica



Dispositivos de manobra

W - Área de circulação permitida a pessoas advertidas

X - Área de circulação proibida

Figura 8 — Espaçamento para instalações externas ao nível do piso**Tabela 20 — Espaçamento para instalações externas**

Dimensões mínimas mm		
A	-	Valores de distâncias mínimas da tabela 21
G	1 500	Distância mínima entre a parte viva e a proteção externa
B	4 000	Altura mínima de uma parte viva na área de circulação
R	1 500	Locais de manobra
D	500	Distância mínima entre a parte viva e um anteparo vertical
F	2 000	Altura mínima de um anteparo vertical
H	6 000	Em ruas, avenidas e entradas de prédios e demais locais com trânsito de veículos
	5 000	Em local com trânsito de pedestres somente
	9 000	Em ferrovias
	7 000	Em rodovias
J	800	Altura mínima de uma parte viva na área de circulação proibida
K	2 200	Altura mínima de um anteparo horizontal
L	2 000	Altura mínima da proteção externa
C	2 000	Circulação
Dimensões máximas mm		
E	600	Distância máxima entre a parte inferior de um anteparo vertical e o piso
M	1 200	Altura dos punhos de acionamento manual
Malha	20	Abertura das malhas dos anteparos

Tabela 21 — Distâncias mínimas x tensão nominal da instalação

Tensão nominal da instalação kV	Tensão de ensaio à frequência industrial (valor eficaz) kV	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico (valor de pico) kV	Distância mínima fase/terra e fase/fase ¹⁾	
			Interno	Externo
			mm	
3	10	20	60	120
		40	60	120
4,16	19	60	90	120
6	20	40	60	120
		60	90	120
13,8	34	95	160	
		110	180	
		125	220	
23,1	50	95	160	
		125	220	
34,5	70	145	270	
		170	320	

¹⁾ Estes afastamentos devem ser tomados entre extremidades mais próximas e não de centro a centro. Os valores de distâncias mínimas indicados podem ser aumentados, a critério do projetista, em função da classificação das influências externas.

5.1.2 Proteção contra contatos indiretos

5.1.2.1 Princípios básicos

A proteção contra contatos indiretos deve ser garantida pelo aterramento e pela equipotencialização descritos em 5.1.2.1.1 e 5.1.2.1.2, sendo que o seccionamento automático da alimentação descrito em 5.1.2.2 é uma medida que visa garantir a integridade dos componentes dos sistemas de aterramento e de equipotencialização e limitar o tempo de duração da falta.

5.1.2.1.1 Aterramento

As massas devem ser ligadas a condutores de proteção nas condições especificadas em 4.2.3 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 as prescrições de 6.4.

5.1.2.1.2 Ligação equipotencial

A tensão de contato em qualquer ponto da instalação não pode ser superior à tensão de contato limite (U_L), com valor indicado na tabela 22. Aos limites indicados aplicam-se as tolerâncias definidas na IEC 60038. Esta regra é satisfeita se em cada edificação existir uma ligação equipotencial principal, reunindo os seguintes elementos:

- a) condutor(es) de proteção principal(is);
- b) condutores de equipotencialidade principais ligados a canalizações metálicas de utilidades e serviços e a todos os demais elementos condutores estranhos à instalação, incluindo os elementos metálicos da construção e outras estruturas metálicas;
- c) condutor(es) de aterramento;
- d) eletrodo(s) de aterramento de outros sistemas (por exemplo, de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas etc.).

NOTAS

- 1 A ligação equipotencial 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 equipotencial principal deve ser efetuada o mais próximo possível do ponto em que penetram na edificação.
- 3 Os condutores de equipotencialidade devem satisfazer às prescrições de 6.4.

5.1.2.2 Seccionamento automático da alimentação

O seccionamento automático da alimentação destina-se a evitar que uma corrente se mantenha por um tempo que possa resultar em sobreaquecimento na instalação. 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 são aqueles apresentados em 5.1.2.2.1. Os meios convencionais para satisfazer estes princípios estão descritos em 5.1.2.2.4 e 5.1.2.2.5, conforme o esquema de aterramento.

5.1.2.2.1 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 para cada esquema de aterramento. Massas simultaneamente acessíveis devem ser ligadas à mesma rede de aterramento – individualmente, por grupos ou coletivamente;
- b) as disposições referentes ao aterramento e aos condutores de proteção devem satisfazer o descrito em 6.4;
- 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 22 — Valores máximos da tensão de contato limite UL (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) A situação 1 aplica-se a áreas internas e a situação 2 aplica-se a áreas externas.

NOTAS

1 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.

2 Os valores máximos da tensão de contato limite apresentados são para tensão de contato de duração maior ou igual a 10 s. Para tempos inferiores a 10 s, podem ser utilizados os valores obtidos na figura A.1.

5.1.2.2.2 Aplicação convencional

Para o atendimento dos princípios definidos em 5.1.2.2.1, é suficiente aplicar as prescrições de 5.1.2.2.3 a 5.1.2.2.5, conforme o esquema de aterramento.

5.1.2.2.3 Esquema TNx

Em um esquema TNx todo defeito de isolamento é um curto-circuito fase/neutro. Quando a proteção é assegurada por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, a avaliação da corrente de curto-circuito mínima é necessária, a fim de verificar as condições de funcionamento destes dispositivos.

5.1.2.2.4 Esquemas TTx

Nos esquemas TTx a corrente de defeito é limitada por:

- as resistências de tomadas de terra e do neutro, esta última aumentada ao valor da resistência de limitação podendo ser inserida entre o ponto neutro e o terra;
- a resistência das ligações eventuais, utilizadas por interconexão das massas e das tomadas de terra. Mesmo que a corrente do primeiro defeito seja importante, não é permitido que sua detecção seja assegurada por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes; com efeito, seu funcionamento é dificilmente verificável. Por outro lado a detecção de pequenas correntes de fuga resultante de uma degradação lenta da isolação não é possível com esses dispositivos cujo limiar de funcionamento é muito elevado (muitas vezes sua corrente nominal). Por isso que é necessário recorrer aos dispositivos sensíveis à corrente diferencial não necessitando a verificação das condições de disparo.

5.1.2.2.5 Esquemas ITx

A não interrupção no primeiro defeito de isolamento é justificada nas instalações quando é necessário assegurar a continuidade do serviço.

Após a aparição do primeiro defeito de isolamento é recomendado proceder rapidamente à busca e eliminação deste defeito. A permanência de um primeiro defeito conduz ao funcionamento da instalação com um ponto ligado à terra, correspondendo às condições de funcionamento para as quais a instalação não é concebida.

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.

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 deve ser de baixa condutância térmica.

5.2.2.3 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.

5.2.2.4 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

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 23. Todas as partes da instalação que possam, em serviço normal, atingir, ainda que por períodos curtos, temperaturas que excedam os limites dados na tabela 23, devem ser protegidas contra qualquer contato acidental. Os valores da tabela 23 não se aplicam a componentes cujas temperaturas limites das superfícies expostas, no que concerne à proteção contra queimaduras, sejam fixadas por normas específicas.

Tabela 23 — 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:	80
— metálicas	90
— não-metálicas	
NOTAS <p>1 Esta prescrição não se aplica a materiais cujas normas fixam limites de temperatura ou de aquecimento para as superfícies acessíveis.</p> <p>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 não condutores podem reduzir sensivelmente a condutividade térmica de uma superfície metálica e permitir considerá-la como não-metálica.</p> <p>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.</p>	

5.3 Proteção contra sobrecorrentes

5.3.1 Proteção geral (subestação de entrada de energia)

É considerado proteção geral o dispositivo situado entre o ponto de entrega de energia e a origem da instalação em média tensão. Esta proteção geral deve atender no mínimo ao especificado em 5.3.1.1 e 5.3.1.2.

5.3.1.1 Capacidade instalada menor ou igual a 300 kVA

Em uma subestação unitária com capacidade instalada menor ou igual a 300 kVA, a proteção geral na média tensão deve ser realizada por meio de um disjuntor acionado através de relés secundários com as funções 50 e 51, fase e neutro (onde é fornecido o neutro), ou por meio de chave seccionadora e fusível, sendo que, neste caso, adicionalmente, a proteção geral, na baixa tensão, deve ser realizada através de disjuntor.

5.3.1.2 Capacidade instalada maior que 300 kVA

Em uma subestação com capacidade instalada maior que 300 kVA, a proteção geral na média tensão deve ser realizada exclusivamente por meio de um disjuntor acionado através de relés secundários com as funções 50 e 51, fase e neutro (onde é fornecido o neutro).

5.3.2 Proteção contra correntes de sobrecarga

Os condutores vivos devem ser protegidos contra as correntes de sobrecargas, exceto quando alimentam cargas (transformadores, motores etc.) que possuem sua própria proteção contra as sobrecargas.

5.3.3 Proteção contra correntes de curto-circuito

Os condutores vivos devem ser protegidos contra correntes de curto-circuito que possam provocar danos.

5.3.4 Natureza dos dispositivos de proteção

Os dispositivos de proteção devem ser escolhidos entre os indicados em 5.3.4.1 e 5.3.4.2.

5.3.4.1 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 menor ou igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto em que o dispositivo está instalado. Tais dispositivos podem ser disjuntores acionados através de relés secundários com as funções 50 e 51, fase e neutro (onde é fornecido o neutro). Não são aceitos relés com princípio de funcionamento com retardo a líquido.

NOTAS

- 1 Quando forem utilizados relés com as funções 50 e 51 do tipo microprocessado, digital, auto-alimentados ou não, deve ser garantida, na falta de energia, uma fonte de alimentação de reserva, com autonomia mínima de 2 h, que garanta a sinalização dos eventos ocorridos e o acesso à memória de registro dos relés.
- 2 Os transformadores para instrumentos conectados aos relés secundários devem ser instalados sempre a montante do disjuntor ou chave a ser atuado(a), garantindo assim a proteção contra falhas do próprio dispositivo.
- 3 Para qualquer tipo de relé, deve ser instalado um dispositivo exclusivo que garanta a energia necessária ao acionamento da bobina de abertura do disjuntor, que permita teste individual, recomendando-se o uso de fonte capacitiva.
- 4 O sistema geral de proteção da unidade consumidora deve permitir coordenação com o sistema de proteção da concessionária, ser dimensionado e ajustado de modo a permitir adequada seletividade entre os dispositivos de proteção da instalação.

5.3.4.2 Dispositivos que garantem apenas a proteção contra correntes de curto-circuito

Tais dispositivos podem ser utilizados quando a proteção contra sobrecargas for realizada por outros meios ou quando se admitir a omissão da proteção contra sobrecargas. Esses dispositivos devem poder interromper qualquer corrente de curto-circuito menor ou igual à corrente de curto-circuito presumida. Não são aceitos relés com princípio de funcionamento com retardo a líquido. Podem ser utilizados:

- a) disjuntores acionados através de relés com a função 50;
- b) dispositivos fusíveis limitadores de corrente, conforme a IEC 60281-1, e do tipo expulsão, conforme a ABNT NBR 7282, para uso exclusivo em instalações externas.

5.4 Proteção contra sobretensões

As sobretensões nas instalações elétricas de média tensão não devem comprometer a segurança das pessoas, nem a integridade das próprias instalações e dos equipamentos servidos.

NOTA O uso adequado de pára-raios de resistência não linear é considerado uma medida de proteção contra sobretensão de origem atmosférica.

5.5 Proteção contra mínima e máxima tensão e falta de fase

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

NOTA No caso da proteção contra quedas e faltas de tensão, normalmente são utilizados relés de subtensão acoplados a dispositivos de seccionamento.

5.5.2 Quando aplicável, a proteção de máxima tensão deve atuar no dispositivo de seccionamento apropriado.

5.6 Proteção contra inversão de fase

Quando aplicável, as instalações devem ser protegidas contra inversão de fase, de forma que o relé de proteção correspondente atue no dispositivo de seccionamento apropriado.

5.7 Proteção das pessoas que trabalham nas instalações elétricas de média tensão

As instalações elétricas devem ser construídas e instaladas de forma que possam ser empregadas as medidas necessárias para garantir a proteção das pessoas que trabalham nas instalações elétricas.

5.7.1 Os equipamentos de proteção a serem utilizados pelos trabalhadores são no mínimo os seguintes: capacetes, óculos de segurança, luvas, detector de tensão, botas e estrado ou tapete isolante.

5.7.2 Os equipamentos devem ser providos de meios que permitam, quando necessário, o seu isolamento da instalação.

5.7.3 Equipamentos devem ser providos para que a instalação completa ou partes da instalação possam ser isoladas, dependendo das condições operacionais. Isto pode ser realizado, por exemplo, desligando-se seccionadores ou removendo-se elos ou interligações.

5.7.4 A instalação completa ou partes das instalações que possam ser energizadas por várias fontes devem ser dispostas de forma que todas as fontes possam ser isoladas.

5.7.5 Se os terminais de neutro de vários equipamentos estiverem ligados em paralelo, deve ser possível isolá-los individualmente. Isto também se aplica às bobinas e aos resistores de falta à terra, sendo que, nestes casos, a proteção contra sobretensões deve ser mantida.

5.7.6 Devem ser providos meios para descarregar os equipamentos que ainda possam transferir potencial elétrico mesmo após a sua desconexão da instalação, como, por exemplo, capacitores.

5.7.7 Os equipamentos empregados com o propósito de isolamento devem ser providos de dispositivos elétricos e/ou mecânicos apropriados que garantam a sua condição de isolamento.

Quando partes removíveis, como, por exemplo, os fusíveis ou disjuntores extraíveis, são utilizadas para a desconexão da instalação completa ou parte dela e são substituídas por coberturas ou barreiras, estas devem ser montadas de tal forma que a sua remoção somente possa ser executada com o uso de ferramenta apropriada.

Os equipamentos que são operados manualmente devem permitir o uso de dispositivos de travamento mecânico para evitar o seu religamento.

5.7.8 Dispositivos para a verificação do estado de desenergização devem ser disponibilizados para garantir a segurança das pessoas que trabalham nas instalações elétricas.

Os dispositivos devem permitir que o estado de desenergização possa ser verificado em todos os pontos onde o trabalho for realizado.

NOTA Tanto dispositivos fixos como portáteis podem ser utilizados para atender a este requisito.

5.7.9 Cada parte de uma instalação que possa ser isolada de outras partes deve possuir dispositivos que permitam o seu aterramento e curto-circuito.

NOTA Equipamentos como, por exemplo, transformadores e capacitores devem ser providos de meios para seu aterramento e curto-circuito no ponto de sua instalação. Este requisito não deve ser aplicado a partes do sistema onde isto não for praticável ou for impróprio (por exemplo, transformadores ou máquinas elétricas com terminações seladas ou terminações flangeadas de cabos). Nestes casos, o aterramento e o curto-circuito devem ser realizados nos respectivos cubículos ou compartimentos situados nos lados primário e secundário.

Para cada parte da instalação, devem ser providos pontos de conexão, facilmente acessíveis e apropriadamente dimensionados, ao sistema de aterramento e às partes vivas para permitir a conexão dos dispositivos de aterramento e curto-circuito. Os mecanismos existentes em cubículos ou compartimentos devem ser projetados de forma a permitir a conexão manual dos dispositivos de aterramento e curto-circuito.

Quando o aterramento e curto-circuito forem realizados por chaves de aterramento controladas remotamente, a posição da chave deve ser fielmente transmitida para o ponto de controle remoto.

5.8 Proteção contra fuga de líquido isolante

NOTA Em todos os casos descritos em 5.8.1 a 5.8.3, os regulamentos das autoridades competentes devem ser atendidos.

5.8.1 As instalações que contenham 100 L ou mais de líquido isolante devem ser providas de tanque de contenção.

5.8.2 Nas instalações abrigadas, pisos impermeáveis com soleira apropriada podem ser utilizados como depósito se não mais que três transformadores ou outros equipamentos estiverem instalados e se cada um deles contiver menos de 100 L.

5.8.3 Nas instalações ao tempo, pisos impermeáveis com soleira apropriada podem ser utilizados como depósito que não seja destinado a conter todo o líquido, mesmo sem tanques de contenção, se a superfície poluída puder ser removida e se o líquido não for destinado aos sistemas de drenagem ou córregos. Isto não se aplica a áreas de contenção, a zonas de proteção de mananciais e outros casos especiais, nos quais as autoridades competentes devem ser consultadas.

5.9 Proteção contra perigos resultantes de faltas por arco

Os dispositivos e equipamentos que podem gerar arcos durante a sua operação devem ser selecionados e instalados de forma a garantir a segurança das pessoas que trabalham nas instalações.

A seguir são relacionadas algumas medidas para garantir a proteção das pessoas contra os perigos resultantes de faltas por arco:

- a) utilização de um ou mais dos seguintes meios:
 - dispositivos de abertura sob carga;
 - chave de aterramento resistente ao curto-circuito presumido;
 - sistemas de intertravamento;
 - fechaduras com chave não intercambiáveis;

- b) corredores operacionais tão curtos, altos e largos quanto possível;
- c) coberturas sólidas ou barreiras ao invés de coberturas perfuradas ou telas;
- d) equipamentos ensaiados para resistir às faltas de arco internas;
- e) emprego de dispositivos limitadores de corrente;
- f) seleção de tempos de interrupção muito curtos, o que pode ser obtido através de relés instantâneos ou através de dispositivos sensíveis a pressão, luz ou calor, atuando em dispositivos de interrupção rápidos;
- g) operação da instalação a uma distância segura.

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 as prescrições enunciadas nesta seção, bem como as prescrições aplicáveis das outras seções desta Norma.

6.1.2 Componentes da instalação

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

6.1.2.2 Na falta de Normas Brasileiras, IEC e ISO, os componentes devem ser selecionados através de acordo 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, numa instalação que utiliza o esquema ITx, o condutor neutro for distribuído, os componentes ligados entre uma fase e o neutro devem ser isolados para a tensão entre fases.

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 suscetível 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 alimentação, 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 24. Esta 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 24 — 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 AA3 AA4 AA5 AA6	Temperatura ambiente (4.3.1.1) - 25°C a + 5°C - 5°C a + 40°C - 5°C a + 40°C + 5°C a + 60°C	Componentes especialmente projetados ou disposições apropriadas ¹⁾ Normal (em certos casos podem ser necessárias precauções especiais) Normal Componentes especialmente projetados ou disposições apropriadas ¹⁾
AC AC1 AC2	Altitude (4.3.1.2) ≤ 1 000 m > 1 000 m	Normal Podem ser necessárias precauções especiais, tais como a aplicação de fatores de correção.
AD AD1 AD2 AD3 AD4 AD5 AD6 AD7 AD8	Presença de água (4.3.1.3) Desprezível Quedas de gotas de água Aspersão de água Projeção de água Jatos de água Ondas Imersão Submersão	IPX0 IPX1 IPX3 IPX4 IPX5 IPX6 IPX7 IPX8

Tabela 24 (continuação)

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
AE AE1 AE2 AE3 AE4	Presença de corpos sólidos (4.3.1.4) Desprezível Objetos pequenos (2,5 mm) Objetos muito pequenos (1 mm) Poeira	<div> <div>IPOX IP3X IP4X</div> <div>Ver também 5.1.2</div> </div> <div> <div>IP5X Se as poeiras puderem penetrar sem prejudicar o funcionamento do componente</div> <div>IP6X Se as poeiras não penetrarem no componente</div> </div>
AF AF1 AF2 AF3 AF4	Presença de substâncias corrosivas ou poluentes (4.3.1.5) Desprezível Agentes atmosféricos Intermitente Permanente	Normal De acordo com a natureza dos agentes Proteção contra corrosão definida pelas especificações dos componentes Componentes especialmente projetados de acordo com a natureza dos agentes
AG AG1 AG2 AG3 AG4	Choques mecânicos (4.3.1.6) Fracos Médios Significativos Muito significativos	Normal. Por exemplo, componentes para uso doméstico ou análogo Componentes para uso industrial, quando aplicável, ou proteção reforçada Proteção reforçada Proteção muito reforçada
AH AH1 AH2 AH3	Vibrações (4.3.1.6) Fracas Média Significativas	Normal Componentes especialmente projetados ou Disposições especiais
AK AK1 AK2	Presença de flora ou mofo (4.3.1.7) Desprezível Riscos	Normal Proteções especiais tais como: — grau de proteção aumentado (ver AE); — componentes especiais ou revestimentos protegendo os invólucros; — disposições para evitar a presença de flora.

Tabela 24 (continuação)

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
AL AL1 AL2	Presença de fauna (4.3.1.8) Desprezível Riscos	Normal A proteção pode compreender: — 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 AM1 AM2	Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes (4.3.1.9) Desprezível Correntes parasitas	Normal Proteções especiais tais como: — isolamento adequada; — revestimentos protetores especiais; — proteção catódica; — equipotencialidade suplementar.
AM3 AM4 AM5 AM6	<div> Eletromagnéticas Ionizantes </div> Eletrostáticas Induções	Proteções especiais tais como: — distanciamento das fontes de radiação; — interposição de telas protetoras; — invólucros especiais. Proteções especiais tais como: — isolamento apropriada do local; — equipotencialidade suplementar. Proteções especiais tais como: — distanciamento das fontes de corrente induzida; — interposição de telas protetoras.
AN AN1 AN2	Radiações solares (4.3.1.10) Desprezíveis Significativas	Normal Disposições especiais tais como: — materiais resistentes à radiação ultravioleta; — revestimentos de cores especiais; — interposição de telas protetoras

Tabela 24 (continuação)

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
AQ AQ1	Raios (4.3.1.11) Desprezíveis	Normal
B - Utilizações (4.3.2)		
BA BA1 BA4 BA5	Competência das pessoas (4.3.2.1) Comuns Advertidas Qualificadas	Componentes protegidos contra contatos diretos e indiretos Componentes não protegidos contra contatos diretos admitidos apenas nos locais que só sejam acessíveis a pessoas devidamente autorizadas
BB BB1 BB2 BB3	Resistência elétrica do corpo humano (4.3.2.2) Elevada Normal Frac	Normal Normal Medidas de proteção apropriadas (ver 5.8.1)
BC BC3	Contatos das pessoas com o potencial local (4.3.2.3) Freqüentes	Componentes protegidos contra contatos diretos e indiretos
BD BD1 BD2	Fuga das pessoas em emergência (4.3.2.4) Normal Longa	Normal Componentes constituídos de materiais não propagantes de chama e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos ou utilização de materiais não propagantes de chama e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos que envolvam os componentes da instalação
BE BE1 BE2 BE3	Natureza das matérias processadas ou armazenadas (4.3.2.5) Riscos desprezíveis Riscos de incêndio Riscos de explosão	Normal Componentes constituídos de materiais não propagantes de chama. Disposições tais que uma elevação significativa da temperatura, ou uma faísca, no componente, não possa provocar incêndio no exterior. Utilização de materiais não propagantes de chama e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos que envolvam os componentes da instalação Componentes adequados para atmosferas explosivas

Tabela 24 (conclusão)

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
C - Construção de edificações (4.3.3)		
CA CA1	Materiais de construção (4.3.3.1) Não combustíveis	Normal
CB CB1 CB2	Estrutura das edificações (4.3.3.2) Riscos desprezíveis Propagação de incêndio	Normal Componentes constituídos de materiais não propagantes de chama, incluindo fogo de origem não elétrica. Barreiras corta-fogo. Utilização de materiais não propagantes de chama e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos que envolvam os componentes da instalação NOTA Podem ser previstos detectores de incêndio.
CB3	Movimentos	Juntas de dilatação ou de expansão nas linhas elétricas
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 pode 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 5.9. 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 São consideradas 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 24 significa que o componente deve satisfazer, de modo geral, as Normas Brasileiras aplicáveis ou, na sua falta, as normas IEC e ISO ou através de acordo especial entre o projetista e o instalador.

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 colocada(o) 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 cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor neutro deve ser identificado conforme essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a cor azul-clara na veia do cabo multipolar ou na cobertura do cabo unipolar.

6.1.5.3.2 Qualquer 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 veia do cabo multipolar ou na cobertura do cabo unipolar. A identificação pode ser feita durante a instalação..

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

6.1.5.3.3 Qualquer 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 identificação verde-amarela nos pontos visíveis ou acessíveis, na veia do cabo multipolar ou na cobertura do cabo unipolar.

6.1.5.3.4 Qualquer cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor de fase deve ser identificado de acordo com essa função (por exemplo, por número, disposição, cores ou símbolos), e esta identificação deve estar indicada nos esquemas e desenhos. A identificação pode ser feita durante a instalação.

6.1.5.3.5 Qualquer condutor nu utilizado como condutor de fase deve ser identificado de acordo com essa função. No caso de a identificação ser feita por cor, devem ser utilizadas as cores especificadas em 6.1.5.3.6.

NOTA Esta prescrição não se aplica aos condutores nus de redes aéreas, aplicando-se, por exemplo, aos barramentos.

6.1.5.3.6 No caso de emprego de cores para identificação dos condutores de fase, devem ser utilizadas as seguintes cores:

- fase A: vermelha;
- fase B: branca;
- fase C: marrom.

6.1.5.3.7 Na identificação de barramentos de corrente contínua, as seguintes cores para identificação devem ser utilizadas:

- polo positivo: vermelha;
- polo negativo: preta;
- condutor médio: branca.

6.1.5.4 Equipamentos

6.1.5.4.1 Quando existirem, na mesma instalação, tensões diversas ou diferentes espécies de correntes, os equipamentos e materiais dedicados a cada uma delas devem, tanto quanto possível, ser agrupados e separados dos outros, bem como ser facilmente identificáveis.

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

6.1.5.4.3 As posições de “fechado” e “aberto” dos equipamentos de manobra de contatos não visíveis devem ser indicadas por meio de letras e cores, devendo ser adotada a seguinte convenção:

- a) I – vermelho: contatos fechados;
- b) O – verde: contatos abertos.

6.1.5.4.4 Para chaves seccionadoras, o deslocamento mecânico vertical da alavanca ou punho de manobra para baixo deve corresponder ao equipamento desligado.

6.1.5.4.5 Para disjuntores, os cabos ou barramentos provenientes da fonte devem estar conectados nos bornes superiores de entrada.

6.1.6 Independência dos componentes

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

6.1.7 Documentação da instalação

6.1.7.1 A instalação deve ser executada a partir de projeto específico, que deve 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 deve ser revisada de acordo com o que foi executado (projeto “como construído”).

6.2 Seleção e instalação das linhas elétricas

6.2.1 Generalidades

Na seleção e instalação de linhas elétricas deve ser considerada a aplicação de 4.1 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.

6.2.2 Tipos de linhas elétricas

Os tipos de linhas elétricas estão indicados na Tabela 25.

Tabela 25 – Tipos de linhas elétricas (continua)

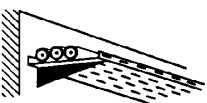
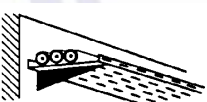
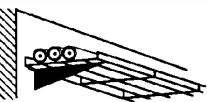
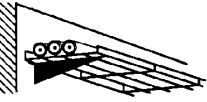
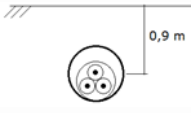
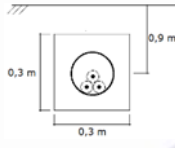
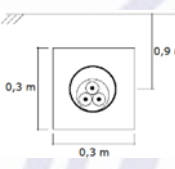
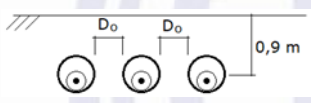
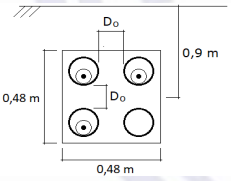
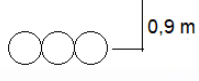
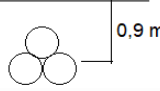
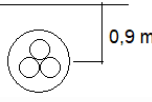
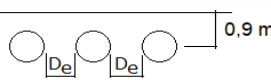
Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1		Cabos unipolares em formação plana, encostados um ao outro, ou cabo multipolar ou cabos unipolares em trifólio, afastados de qualquer parede por pelo menos 0,5 vez o diâmetro do cabo, ao ar livre, em bandeja perfurada ²⁾	A1 (protegido do sol) A2 (exposto ao sol)
2		Cabos unipolares em formação plana, com a superfície de cada cabo espaçada da superfície do outro por um diâmetro do cabo e com o primeiro cabo afastado de qualquer parede por pelo menos 0,3 vez o diâmetro do cabo, ao ar livre, em bandeja perfurada ²⁾	B1 (protegido do sol) B2 (exposto ao sol)
3		Cabos unipolares em formação plana, encostados um ao outro, ou cabo multipolar ou cabos unipolares em trifólio, afastados de qualquer parede por pelo menos 0,5 vez o diâmetro do cabo, ao ar livre, sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela	A1 (protegido do sol) A2 (exposto ao sol)
4		Cabos unipolares em formação plana, com a superfície de cada cabo espaçada da superfície do outro por um diâmetro do cabo e com o primeiro cabo afastado de qualquer parede por pelo menos 0,3 vez o diâmetro do cabo, ao ar livre, sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela	B1 (protegido do sol) B2 (exposto ao sol)

Tabela 25 (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
5		Cabos unipolares em formação plana, encostados um ao outro, ou cabo multipolar ou cabos unipolares em trifólio, afastados de qualquer parede por pelo menos 0,5 vez o diâmetro do cabo, ao ar livre, sobre suportes horizontais, em leito	A1 (protegido do sol) A2 (exposto ao sol)
6		Cabos unipolares em formação plana, com a superfície de cada cabo espaçada da superfície do outro por um diâmetro do cabo e com o primeiro cabo afastado de qualquer parede por pelo menos 0,3 vez o diâmetro do cabo, ao ar livre, sobre suportes horizontais, em leito	B1 (protegido do sol) B2 (exposto ao sol)
7		Cabo multiplexado, autossustentado, ao ar livre	A1 (protegido do sol) A2 (exposto ao sol)
8		Cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares em canaletas fechadas no solo	C
9		Cabos unipolares espaçados em canaletas fechadas no solo ³⁾	D
10		Cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) em eletroduto ao ar livre	E
11		Cabos tripolares em eletroduto ao ar livre	E
12		Cabos unipolares em eletroduto diretamente enterrado	F1

Tabela 25 (conclusão)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
13		Cabos tripolares em eletroduto diretamente enterrado	F1
14		Cabos unipolares em eletroduto embutido em concreto e enterrado no solo	F2
15		Cabos tripolares em eletroduto embutido em concreto e enterrado no solo	F2
16		Cabos unipolares em eletrodutos enterrados e espaçados – um cabo por eletroduto não condutor ⁴⁾	G1
17		Cabos unipolares em banco de dutos enterrado – um cabo por eletroduto não condutor ⁴⁾	G2
18		Cabos unipolares em formação plana e em contato diretamente enterrados	H
19		Cabos unipolares em formação trifólio diretamente enterrados	H
20		Cabo tripolar diretamente enterrado	H
21		Cabos unipolares espaçados, diretamente enterrados ³⁾	I
¹⁾ Método de referência a ser utilizado na determinação da capacidade de condução de corrente. Ver 6.2.5.1. ²⁾ Considerando bandeja perfurada aquela na qual os furos ocupam no mínimo 30 % da área da bandeja. ³⁾ D _e = diâmetro externo do cabo. ⁴⁾ D _o = diâmetro externo do eletroduto.			
NOTA Os métodos de instalação devem seguir as prescrições da seção 6.			

6.2.3 Cabos unipolares e multipolares

6.2.3.1 Os cabos utilizados nas linhas elétricas devem atender às ABNT NBR 7286, ABNT NBR 7287, ABNT NBR 9024 ou ABNT NBR 16132 e ABNT NBR 6251.

6.2.3.2 Nos locais AD7, deve-se utilizar condutor bloqueado e, nos locais AD8, devem-se utilizar condutor e blindagem bloqueados longitudinalmente, conforme as ABNT NBR 7286, ABNT NBR 7287, ABNT NBR 9024 ou ABNT NBR 16132 e ABNT NBR 6251.

NOTA 1 Em algumas situações, pode ser conveniente a utilização do bloqueio transversal de água.

NOTA 2 O condutor bloqueado limita a penetração de umidade a 1,5 m, nas duas direções, a partir de um dano no cabo que permita o ingresso de água, possibilitando um reparo e emenda após a eliminação do comprimento em que a água possa ter penetrado e que poderia contribuir para a criação de arborescências no sistema isolamento-semicondutoras.

NOTA 3 A blindagem bloqueada limita a penetração de umidade a 1,5 m, nas duas direções, a partir de um dano no cabo que permita o ingresso de água, possibilitando um reparo e emenda após a eliminação do comprimento em que a água possa ter penetrado e que poderia contribuir para a corrosão da blindagem e eventual comprometimento da blindagem semicondutora da isolamento.

6.2.3.3 Nas instalações com tensão nominal superior a 3,6/6 kV, os cabos unipolares e as veias dos cabos multipolares devem ser do tipo a campo elétrico radial (providos de blindagens do condutor e da isolamento), conforme as ABNT NBR 7286, ABNT NBR 7287, ABNT NBR 9024 ou ABNT NBR 16132 e ABNT NBR 6251.

6.2.3.4 A tensão nominal dos cabos deve ser escolhida em função das características da instalação, conforme a ABNT NBR 6251.

6.2.3.5 Nas instalações com tensão nominal superior a 3,6/6 kV, não é permitido o emprego de cabos com isolamento em cloreto de polivinila ou copolímero de cloreto de vinila e acetato de vinila ou polietileno termoplástico.

6.2.3.6 Os acessórios necessários para a correta instalação dos cabos devem ser compatíveis elétrica, química e mecanicamente com eles, atendendo às condições de influências externas previstas para o local de instalação.

6.2.3.7 As linhas pré-fabricadas devem atender às normas específicas e ser instaladas de acordo com as instruções do fabricante.

6.2.3.8 Os cabos unipolares e multipolares são classificados quanto à resistência à propagação de chama, como:

CP1 – Não é exigido requisito algum quanto à propagação de chama

CP2 – Resistente à propagação de chama, conforme a ABNT NBR NM IEC 60332-1

CP4 – Resistente à propagação de chama, conforme a ABNT NBR NM IEC 60332-3-24 (categoria C de queima)

CP5 – Resistente à propagação de chama, conforme a ABNT NBR NM IEC 60332-3-23 (categoria B de queima)

CP6 – Resistente à propagação de chama, conforme a ABNT NBR NMIEC 60332-3-22 (categoria A de queima)

NOTA 1 As classificações mais elevadas englobam as anteriores (por exemplo, um cabo ou condutor CP6 também é CP5 e assim por diante).

NOTA 2 A classificação CP3 não se aplica à média tensão, por prever somente cabos com diâmetros menores ou iguais a 12 mm, não existentes para os cabos de média tensão.

6.2.3.9 Os cabos unipolares e multipolares são classificados quanto à emissão de halogênios e fumaça como:

CH1 – Halogenado e com emissão de fumaça

CH2 – Não halogenado e com baixa emissão de fumaça, conforme a ABNT NBR 16132

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 26, consideradas as influências externas indicadas em 4.3.

Tabela 26 – Seleção e instalação de linhas elétricas em função das influências externas (continua)

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
A – Condições ambientais (4.3.1)		
AA = Temperatura ambiente (4.3.1.1)		
AA3	– 25 °C a + 5 °C	Para temperaturas inferiores a –10 °C, os cabos com isolamento e/ou cobertura de PVC e PE termoplástico, bem como os condutos de PVC, não podem ser manipulados nem submetidos a esforços mecânicos, visto que o PVC e o PE termoplástico podem se tornar quebradiços
AA4	– 5 °C a + 40 °C	Quando a temperatura ambiente for diferente dos 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 alteradas de acordo com 6.2.5.3
AA5	+ 5 °C a + 40 °C	
AA6	+ 5 °C a + 60 °C	
AC = Altitude (4.3.1.2) (sem influência)		
AD = Presença de água (4.3.1.3)		
AD1	Desprezível	Nenhuma limitação
AD2	Queda de gotas de água	
AD3	Aspersão de água	Nas condições AD3 a 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	
AD6	Ondas	
AD7	Imersão	Linhas com graus IP adequados, a princípio sem revestimento metálico externo. Para cabos, ver 6.2.3.2.
AD8	Submersão	

Tabela 26 (continuação)

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
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 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. Só é admitido o uso de cabos unipolares ou multipolares adequados ao tempo de contato da substância com o cabo, à concentração dessa substância e sua temperatura
AF3	Intermitente	
AF4	Permanente	
AG = Choques mecânicos (4.3.1.6)		
AG1	Fracos	Linhas com proteção leve; cabos unipolares e multipolares usuais são considerados adequados
AG2	Médios	
AG3	Significativo	Linhas com proteção reforçada; cabos unipolares e multipolares providos de armação metálica são considerados adequados
AG4	Muito significativo	A linha deve ser projetada para resistir ao choque especificado
AH = Vibrações (4.1.3.6)		
AH1	Fracas	Nenhuma limitação
AH2	Médias	Nenhuma limitação
AH3	Significativas	Só podem ser utilizadas linhas flexíveis constituídas por cabos unipolares ou multipolares flexíveis
AK = Presença de flora ou mofo (4.3.1.7)		
AK1	Desprezível	Nenhuma limitação
AK2	Riscos	Deve ser avaliada a necessidade de utilizar: — cabos providos de armação, se diretamente enterrados; — materiais especiais ou revestimento adequado que proteja cabos ou eletrodutos
AL = Presença de fauna (4.3.1.8)		
AL1	Desprezível	Nenhuma limitação

Tabela 26 (continuação)

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
AL2	Riscos	Linhas com proteção especial. Se existir risco devido à presença de roedores, cupins e/ou outros, deve ser usada uma das soluções: — ...cabos providos de armação; — ...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 e disposição dos cabos. Para a condição AM4 e AM5, seguir as normas específicas
AM3	Eletromagnéticas	
AM4	Ionizantes	
AM5	Eletrostáticas	
AM6	Indução	Cabos com projeto especial, levando em consideração o fator de blindagem
AN = Radiações solares (4.3.1.10)		
AN1	Abrigado da radiação solar	Nenhuma limitação
AN2	Exposto à radiação solar	O cabo ou conduto deve ter resistência à radiação solar, comprovada por ensaio de intemperismo (<i>weatherometer</i>), confirmando a resistência do material e de solidez à luz de eventual pigmento de cor
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	Blindagem e eventuais armações dos cabos devem ser solidamente aterradas nos próprios locais
BC = Contatos de pessoas com o potencial local (4.3.2.3)		
BC3	Frequentes	Blindagem e eventuais armações dos cabos devem ser solidamente aterradas nos próprios locais
BD = Fuga das pessoas em emergência (4.3.2.4)		
BD1	Normal	Nenhuma exigência
BD2	Longa	As linhas elétricas devem ser constituídas por cabos de classificação CP4, conforme 6.2.3.8, e CH2, conforme 6.2.3.9.
BE – Natureza dos materiais processados ou armazenados (4.3.2.5)		
BE1	Riscos desprezíveis	Nenhuma limitação

Tabela 26 (conclusão)

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
BE2	Riscos de incêndio	As linhas elétricas devem ser constituídas por cabos de classificação CP4, conforme 6.2.3.8, e CH2, conforme 6.2.3.9.
BE3	Riscos de explosão	Linhas protegidas por escolha adequada da maneira de instalar
C – Construção das edificações		
CA – Materiais de construção (4.3.3.1)		
CA1	Não combustíveis	Nenhuma limitação
CA2	Combustíveis	As linhas elétricas devem ser constituídas por cabos de classificação CP4, conforme 6.2.3.8, e CH2, conforme 6.2.3.9
CB – Estrutura das edificações (4.3.3.2)		
CB1	Riscos desprezíveis	Nenhuma limitação
CB2	Propagação de incêndio	As linhas elétricas devem ser constituídas por cabos de classificação CP4, conforme 6.2.3.8, e CH2, conforme 6.2.3.9
CB3	Movimentos	Linhas flexíveis ou contendo juntas de dilatação e de expansão
CB4	Flexíveis	Só podem ser utilizadas linhas flexíveis constituídas por cabos unipolares ou multipolares flexíveis

6.2.5 Capacidades de condução de corrente

Esta subseção é destinada a garantir uma vida satisfatória aos cabos elétricos 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, como o descrito 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, bem como as temperaturas limites para os terminais de equipamentos aos quais os condutores sejam ligados.

Os valores da capacidade de corrente tabelados são aqueles com fator de carga de 100 %, ou seja, a corrente que, percorrendo o condutor ininterruptamente, leva sua temperatura a ser a máxima de operação em regime permanente. Caso seja determinado um fator de carga menor do que 100 %, a corrente pode ser maior que o valor dado nesta Norma e deve ser calculada conforme a IEC 60853-1. Onde necessário, foi utilizada a frequência de 60 Hz nos cálculos.

Embora seja permitida a utilização de cabos isolados com PVC ou polietileno termoplástico nas classes de tensão de 1,8/3 kV e 3,6/6 kV e cabos nus para linhas aéreas, não são contempladas tabelas de capacidade de condução de corrente para esses produtos. Caso necessário, a capacidade de condução de corrente para um cabo assim construído deve ser calculada conforme a série IEC 60287 ou a ABNT NBR 11301, no caso de cabos isolados, ou conforme a IEEE Std 738, no caso de cabos nus.

Os valores tabelados foram calculados, basicamente, conforme as IEC 60287-1-1, IEC 60287-2-1 e IEC 60287-2-2. Entretanto, instalações com pequenas diferenças entre si e que resultariam em capacidades de condução de corrente dos cabos bastante próximas, foram reunidas em um único valor, tomando-se o menor deles. Assim, embora existam diferenças entre as capacidades de condução de corrente de cabos de diferentes classes de tensão, um só valor foi tabelado para todas elas. O mesmo ocorre, por exemplo, para cabos unipolares em disposição horizontal e em contato entre si e em disposição em trifólio, para cabos com blindagem aterrada em

um, dois ou mais pontos ou “*cross-bonding*”. Essas pequenas diferenças podem aumentar quando usados fatores de correção. Por isso, recomenda-se, preferencialmente, o cálculo conforme a série IEC 60287 para maior precisão, até porque não haverá alternativa em alguns casos: embora tenham sido tabelados valores para a maioria das disposições dos cabos nas instalações elétricas, não é possível tabelar valores para todas as disposições possíveis.

6.2.5.1 Métodos de referência

Os métodos de referência são os métodos de instalação para os quais a capacidade de condução de corrente foi determinada por cálculo. São eles:

- A1 – cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares ao ar livre, abrigados do sol;
- A2 – cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares ao ar livre, expostos ao sol;
- B1 – cabos unipolares espaçados ao ar livre, abrigados do sol;
- B2 – cabos unipolares espaçados ao ar livre, expostos ao sol;
- C – cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares em canaletas fechadas no solo;
- D – cabos unipolares espaçados em canaletas fechadas no solo;
- E – cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) ou cabos tripolares em eletroduto ao ar livre, abrigados do sol;
- F1 – cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares em eletrodutos enterrados no solo;
- F2 – cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares em banco de dutos enterrados no solo;
- G1 – cabos unipolares em eletrodutos enterrados e espaçados – um cabo por duto ou eletroduto não condutor;
- G2 – cabos unipolares em banco de dutos enterrados – um cabo por duto ou eletroduto não condutor;
- H – cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares diretamente enterrados;
- I – cabos unipolares espaçados, diretamente enterrados.

6.2.5.1.1 Nos métodos A1, A2, B1 e B2, o cabo é instalado com convecção livre (sobre isoladores, bandejas, leitos etc.) e a distância a qualquer superfície adjacente deve ser de no mínimo 0,5 vez o diâmetro externo do cabo, para cabo unipolar, ou no mínimo 0,3 vez o diâmetro externo do cabo, para cabo tripolar. Os valores tabelados são mínimos e podem ser utilizados para cabos com somente um aterramento da blindagem, dois ou mais aterramentos ou *cross-bonding* e também para cabos instalados na horizontal com ou sem transposição; entretanto, o valor tabelado pode ser até 26 % menor que o valor calculado especificamente para a instalação em questão.

6.2.5.1.2 Nos métodos C e D, o cabo é instalado em canaleta fechada exposta ao sol, com 0,5 m de largura e 0,5 m de profundidade, e a distância a qualquer superfície adjacente deve ser de no mínimo 0,5 vez o diâmetro externo do cabo, para cabo unipolar, ou no mínimo 0,3 vez o diâmetro externo do cabo, para cabo tripolar. Os valores de capacidade de condução de corrente foram tabelados para o pior caso, de modo que podem ser bem menores que o valor calculado especificamente para a instalação em questão. Os valores tabelados são

válidos para cabos com somente um aterramento da blindagem, dois ou mais aterramentos ou *cross-bonding*, e também para cabos instalados na horizontal com ou sem transposição.

6.2.5.1.3 No método E, o cabo é instalado em um eletroduto não condutor e a distância a qualquer superfície adjacente deve ser de no mínimo 0,3 vez o diâmetro externo do eletroduto, sem levar em consideração o efeito da radiação solar direta. Os valores tabelados são mínimos e podem ser utilizados para cabos com somente um aterramento da blindagem, dois ou mais aterramentos ou *cross-bonding*, e também para cabos instalados na horizontal com ou sem transposição; entretanto, o valor tabelado pode ser até 14 % menor que o valor calculado especificamente para a instalação em questão. Notar também que não são previstos cabos em eletrodutos ao ar livre expostos ao sol, pois a capacidade de condução de corrente seria bastante reduzida.

6.2.5.1.4 Nos métodos F1 e F2, os cabos são instalados em um eletroduto não condutor, no solo de resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,9 m. Foi considerado, no caso de banco de duto (Método F2), largura de 0,3 m e altura de 0,3 m, com resistividade térmica de 1,2 K.m/W. Os valores tabelados são mínimos e podem ser utilizados para cabos com a blindagem aterrada em somente um ponto ou em dois ou mais pontos, ou *cross-bonding*, e também para cabos instalados na horizontal com ou sem transposição; entretanto, o valor tabelado pode ser até 15 % menor que o valor calculado especificamente para a instalação em questão.

6.2.5.1.5 No método G1, os cabos unipolares são instalados cada um em um eletroduto não condutor, com espaçamento entre as superfícies externas do eletroduto adjacente em uma vez o diâmetro externo do eletroduto, no solo de resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,9 m. Os valores tabelados são mínimos e podem ser utilizados para cabos com a blindagem aterrada em somente um ponto ou em dois ou mais pontos, ou *cross-bonding*, e também para cabos com ou sem transposição; entretanto, dependendo da seção do condutor, pode haver grande diferença entre o valor tabelado e o valor calculado especificamente para a instalação em questão, sendo essa diferença maior quanto maior for a seção, chegando a 40 % na seção 1 000 mm².

6.2.5.1.6 No método G2, os cabos unipolares são instalados cada um em um eletroduto não condutor em banco de duto, com espaçamento entre as superfícies externas do eletroduto adjacente em uma vez o diâmetro externo do eletroduto, no solo de resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,9 m, considerando o banco com largura de 0,48 m e altura de 0,48 m, com quatro dutos, e com resistividade térmica de 1,2 K.m/W. Os cabos devem ter transposição regular e blindagens aterradas em ao menos dois pontos (ou *cross-bonding*).

6.2.5.1.7 No método H, o cabo é instalado diretamente no solo de resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,9 m. Os valores tabelados são mínimos e podem ser utilizados para cabos com a blindagem aterrada em somente um ponto ou em dois ou mais pontos, ou *cross-bonding*, e também para cabos com ou sem transposição; entretanto, dependendo da seção do condutor, pode haver grande diferença entre o valor tabelado e o valor calculado especificamente para a instalação em questão, sendo essa diferença maior quanto maior for a seção, chegando a 16 % na seção 1 000 mm².

6.2.5.1.8 No método I, o cabo é instalado diretamente no solo de resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,9 m, e o espaçamento entre as superfícies dos cabos unipolares deve ser no mínimo igual ao diâmetro externo do cabo. Os valores tabelados são mínimos e podem ser utilizados para cabos com a blindagem aterrada em somente um ponto ou em dois ou mais pontos, ou *cross-bonding*, e também para cabos com ou sem transposição; entretanto, dependendo da seção do condutor, pode haver grande diferença entre o valor tabelado e o valor calculado especificamente para a instalação em questão, sendo essa diferença maior quanto maior for a seção, chegando a 30 % na seção 1 000 mm².

6.2.5.1.9 Na Tabela 25, para cada método de instalação, é indicado o método de referência correspondente utilizado para a obtenção da capacidade de condução de corrente.

6.2.5.1.10 Os valores de capacidade de condução de corrente de cabos em eletrodutos foram calculados para eletrodutos de PVC, por resultarem em menor valor que para os cabos em eletrodutos de polietileno ou de metal não ferromagnético.

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 27 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.

Tabela 27 – Temperaturas máxima em regime permanente em função da isolação

Isolação	Temperatura máxima no condutor °C
Borracha etileno-propileno (EPR ou HEPR)	90
Polietileno reticulado (XLPE ou TR XLPE)	90
Borracha etileno-propileno (EPR 105)	105

6.2.5.2.2 O descrito em 6.2.5.2.1 é considerado atendido se a corrente nos cabos não for superior às capacidades de condução de corrente adequadamente escolhidas nas Tabelas 28 e 29, afetadas, se for o caso, pelos fatores de correção dados nas Tabelas 30 a 41.

NOTA 1 As Tabelas 28 e 29 fornecem as capacidades de condução de corrente para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C, D, E, F1, F2, G1, G2, H e I, descritos em 6.2.5.1, aplicáveis aos diversos tipos de linhas, conforme indicado na Tabela 25.

NOTA 2 As capacidades de condução de corrente em canaletas (colunas C e D das Tabelas 28 e 29) foram calculadas para dimensões pré-fixadas das canaletas, e outras dimensões implicam em resultados diferentes. Dessa forma, recomenda-se utilizar a metodologia da série IEC 60287 ou ABNT NBR 11301, caso as dimensões das canaletas sejam diferentes.

6.2.5.2.3 Os valores adequados de capacidades de condução de corrente podem ser calculados como indicado na série IEC 60287 ou ABNT NBR 11301.

6.2.5.3 Temperatura ambiente

6.2.5.3.1 O valor da temperatura ambiente a ser utilizado é o da temperatura máxima do meio circundante, quando 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 28 e 29, as temperaturas ambientes de referência são as seguintes:

- para linhas enterradas: 20 °C;
- para as demais maneiras de instalar: 30 °C.

6.2.5.3.3 Quando forem utilizadas as Tabelas 28 e 29 e a temperatura ambiente no local em que devem ser instalados os cabos diferir das temperaturas de referência, os fatores de correção especificados nas Tabelas 30 e 31 devem ser aplicados multiplicando os valores de capacidade de condução de corrente das Tabelas 28 e 29.

6.2.5.4 Resistividade térmica do solo e profundidade de enterramento

6.2.5.4.1 As capacidades de condução de corrente das Tabelas 28 e 29 correspondem a uma resistividade térmica do solo de 2,5 K·m/W e a uma distância de 0,9 m entre a superfície do solo e:

- a) o eixo de cabos;
- b) o eixo de eletrodutos enterrados; ou
- c) o centro de bancos de dutos enterrados.

6.2.5.4.2 Em locais onde a resistividade térmica do solo difira de 2,5 K.m/W, os fatores de correção especificados na Tabela 32 devem ser aplicados multiplicando os valores de capacidade de condução de corrente das Tabelas 28 e 29.

6.2.5.4.3 Em locais onde a profundidade seja diferente de 0,9 m, os fatores de correção especificados na Tabela 33 devem ser aplicados multiplicando os valores de capacidade de condução de corrente das Tabelas 28 e 29.

6.2.5.5 Agrupamento de circuitos

6.2.5.5.1 Os fatores de correção especificados nas Tabelas 34 a 41 são aplicáveis aos grupos de cabos unipolares ou cabos multipolares com a mesma temperatura máxima no condutor em regime permanente. Para grupos contendo cabos com diferentes temperaturas máximas no condutor em regime permanente, a capacidade de condução de corrente de todos os cabos do grupo deve ser baseada na menor das temperaturas máximas no condutor em regime permanente de qualquer cabo do grupo, afetada pelo 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 restante do grupo.

6.2.5.5.3 Os fatores de correção especificados nas Tabelas 34 a 41 devem ser aplicados multiplicando os valores de capacidade de condução de corrente das Tabelas 28 e 29.

6.2.5.6 Condutores em paralelo

6.2.5.6.1 Quando dois ou mais condutores carregados forem conectados em paralelo:

- a) devem ser tomadas medidas para assegurar que a corrente seja dividida igualmente entre os condutores. Esse requisito é cumprido se os condutores forem do mesmo material, tiverem a mesma área de seção transversal, tiverem aproximadamente o mesmo comprimento e não alimentarem outros circuitos ao longo de seu comprimento, além de cumprirem os seguintes requisitos:
 - os condutores em paralelo devem preferencialmente ser cabos tripolares ou unipolares torcidos entre si, ou
 - se os condutores em paralelo forem cabos unipolares não torcidos entre si, em formação trifólio ou plana horizontal, devem ser dispostos em agrupamentos, por exemplo, conforme descritos em 6.2.5.6.2;
- b) sabendo que a corrente não será igual em todos os condutores em paralelo, a maior corrente nos condutores deve ser considerada no dimensionamento por capacidade de condução de corrente.

6.2.5.6.2 Os agrupamentos podem ser, por exemplo:

- a) seis cabos unipolares em disposição plana horizontal, conforme a Figura 9;

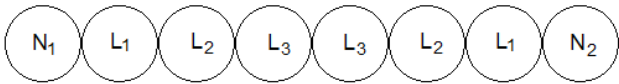


Figura 9 – Seis cabos unipolares em disposição plana horizontal

- b) seis cabos unipolares, um acima do outro, conforme a Figura 10;

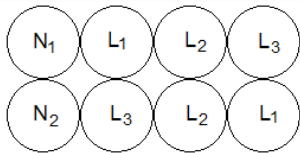


Figura 10 – Seis cabos unipolares, um acima do outro

- c) seis cabos unipolares em trifólio, conforme a Figura 11;

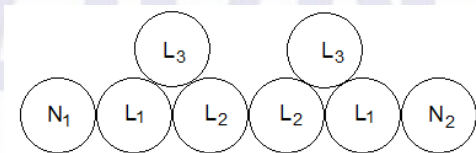
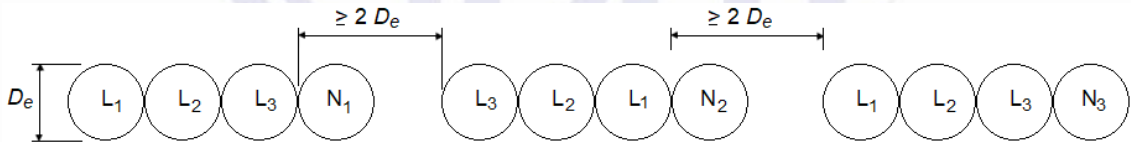


Figura 11 – Seis cabos unipolares em trifólio

- d) nove cabos unipolares em disposição plana horizontal, conforme a Figura 12;



NOTA D_e é o diâmetro externo do cabo.

Figura 12 – Nove cabos unipolares em disposição plana horizontal

- e) nove cabos unipolares, um acima do outro, conforme a Figura 13;

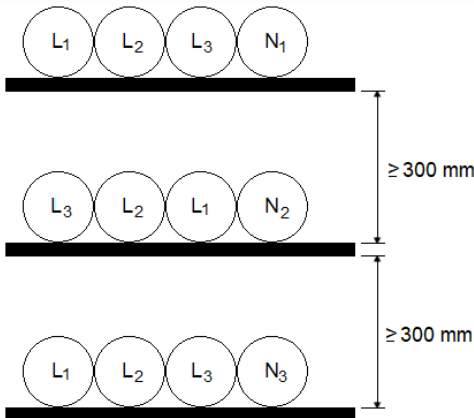
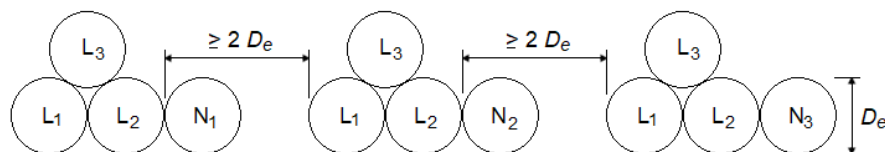


Figura 13 – Nove cabos unipolares, um acima do outro

- f) nove cabos unipolares em trifólio, conforme a Figura 14;



NOTA D_e é o diâmetro externo do cabo.

Figura 14 – Nove cabos unipolares em trifólio

- g) 12 cabos unipolares em formação plana horizontal, conforme a Figura 15;

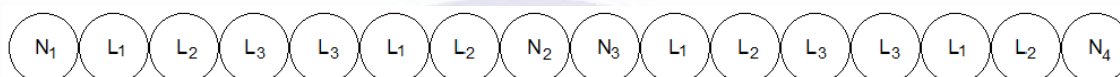


Figura 15 – 12 cabos unipolares em disposição plana horizontal

- h) 12 cabos unipolares, um acima do outro, conforme a Figura 16;

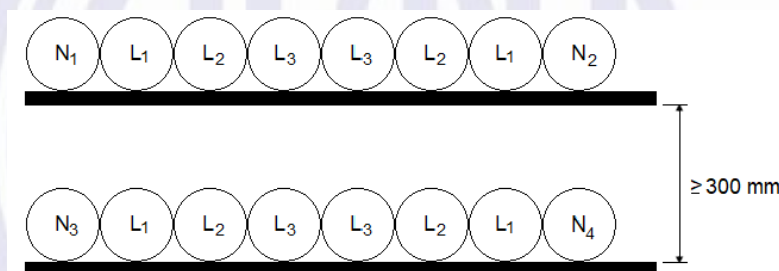


Figura 16 – 12 cabos unipolares, um acima do outro

- i) 12 cabos unipolares em trifólio, conforme a Figura 17.

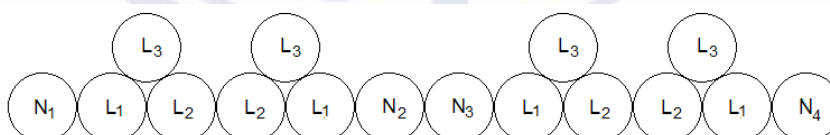


Figura 17 – 12 cabos unipolares em trifólio

NOTA Recomenda-se que as distâncias sejam mantidas conforme indicado nas Figuras 9 a 17. Se o neutro não existir, ele pode ser eliminado das figuras.

6.2.5.6.3 Quando não for possível uma divisão adequada das correntes ou quando quatro ou mais condutores tiverem que ser conectados em paralelo, recomenda-se a utilização de barramentos.

6.2.5.6.4 Os fatores de agrupamento são aplicáveis tanto a vários circuitos como a um circuito com os cabos em paralelo.

NOTA Por exemplo, para um circuito trifásico com dois cabos em paralelo por fase, usar o mesmo fator de agrupamento que para dois circuitos trifásicos.

6.2.5.7 Variações das condições de instalação num percurso

Quando os condutores e cabos são instalados num 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.

Tabela 28 – Capacidade de condução de corrente (A)

Isolação: XLPE, TR XLPE, EPR ou HEPR

Temperatura do condutor: 90 °C (continua)

Seção do condutor mm ²	Condutor de cobre												
	Método de instalação												
	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F1	F2	G1	G2	H	I
10	86	70	104	94	78	93	69	59	63	66	73	64	68
16	113	92	136	123	101	123	90	75	81	84	93	82	87
25	148	120	179	162	131	164	117	97	104	107	119	105	110
35	180	147	219	197	159	202	142	116	124	127	142	125	131
50	218	177	264	238	190	246	170	137	147	149	167	147	154
70	272	220	329	296	236	309	211	167	179	180	202	178	187
95	332	269	400	360	286	379	255	200	214	213	239	211	221
120	384	311	461	413	328	439	294	227	243	239	269	238	249
150	437	352	514	460	369	492	330	251	269	256	292	262	270
185	498	403	583	522	419	561	375	282	301	283	324	293	300
240	588	474	678	605	488	656	438	324	345	319	366	334	340
300	670	540	767	683	551	745	494	361	383	349	403	370	375
400	760	618	844	750	602	823	550	394	417	360	424	401	395
500	856	694	943	837	669	922	615	434	458	389	461	440	429
630	958	776	1 048	929	736	1 028	683	475	500	416	497	478	464
800	1 064	858	1 152	1 018	804	1 134	755	517	541	444	532	516	497
1 000	1 161	934	1 250	1 102	862	–	817	551	575	467	560	547	525

Seção do condutor mm ²	Condutor de alumínio												
	Método de instalação												
	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F1	F2	G1	G2	H	I
10	66	54	80	72	60	72	53	45	49	51	56	50	52
16	87	71	106	96	78	96	70	58	63	65	72	64	67
25	115	94	139	126	102	127	91	75	81	83	93	82	86
35	140	114	170	154	124	157	110	90	96	99	110	97	102
50	169	137	206	186	148	192	132	106	114	117	130	114	120

Tabela 28 (conclusão)

Seção do condutor mm ²	Condutor de alumínio												
	Método de instalação												
	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F1	F2	G1	G2	H	I
70	212	171	257	231	184	241	164	130	139	142	158	139	146
95	258	209	313	281	222	296	198	156	166	168	188	165	173
120	300	242	362	325	255	345	229	178	189	190	213	186	196
150	340	275	407	364	288	389	259	198	211	207	233	206	215
185	391	316	465	416	328	447	296	223	238	231	261	232	241
240	463	374	545	486	385	527	349	259	275	263	298	267	275
300	532	428	621	553	438	603	397	290	308	291	331	298	306
400	621	500	703	625	496	685	453	325	344	311	359	331	333
500	716	577	799	709	574	781	517	366	386	341	396	370	368
630	822	665	905	802	633	888	587	409	431	372	436	412	405
800	931	751	1 012	894	706	996	663	455	476	404	474	454	443
1 000	1 038	835	1 120	987	773	–	733	496	517	431	509	492	476

Tabela 29 – Capacidade de condução de corrente (A)

Isolação: EPR 105

Temperatura do condutor: 105 °C (continua)

Seção do condutor mm ²	Condutor de cobre												
	Método de instalação												
	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F1	F2	G1	G2	H	I
10	96	83	115	107	86	106	77	64	68	71	79	69	73
16	126	109	151	141	112	140	100	82	88	90	101	89	93
25	165	142	199	184	146	186	130	105	112	115	129	113	119
35	201	173	243	225	177	229	157	126	135	137	153	134	142
50	243	210	294	272	212	278	189	149	159	161	181	158	166
70	303	261	366	339	262	349	234	181	194	195	219	192	201
95	370	319	446	412	317	428	284	217	232	231	259	228	239
120	428	369	514	474	364	495	327	247	264	260	292	257	269
150	487	419	575	530	410	555	369	273	292	279	318	283	293
185	556	480	653	601	465	633	419	307	328	309	353	317	326
240	656	565	760	699	542	741	490	353	376	349	400	362	370
300	748	646	862	791	612	842	554	394	418	383	441	402	408
400	857	738	953	874	674	934	619	431	457	397	466	437	432

Tabela 29 (conclusão)

Seção do condutor mm ²	Condutor de cobre												
	Método de instalação												
	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F1	F2	G1	G2	H	I
500	967	832	1067	978	749	1049	694	477	503	430	508	480	471
630	1086	933	1191	1089	828	1173	773	523	550	462	550	523	510
800	1207	1035	1311	1197	905	–	856	570	597	494	589	566	549
1000	1320	1130	1426	1301	971	–	928	609	635	520	623	601	580

Seção do condutor mm ²	Condutor de alumínio												
	Método de instalação												
	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F1	F2	G1	G2	H	I
10	74	64	89	82	66	81	59	49	53	55	61	53	56
16	97	84	117	109	87	109	77	63	68	70	78	69	72
25	128	110	155	143	113	144	101	81	87	90	100	88	93
35	156	134	189	175	137	178	122	97	104	107	119	104	110
50	189	163	229	212	164	217	147	115	123	126	141	123	130
70	235	203	286	264	204	272	182	141	151	153	171	149	157
95	287	248	348	322	246	334	220	169	180	182	203	177	187
120	333	287	403	372	283	388	254	192	205	206	230	201	212
150	379	326	454	418	319	438	288	215	230	225	253	223	233
185	435	376	519	478	364	504	330	242	259	251	283	250	261
240	516	445	609	560	427	593	389	281	299	287	324	288	298
300	593	511	695	638	484	679	444	316	336	318	360	322	332
400	692	597	789	724	559	773	508	355	375	341	392	359	362
500	800	691	899	823	638	883	580	399	422	375	435	402	402
630	923	795	1021	934	726	1 006	661	448	471	410	479	448	444
800	1 050	900	1 144	1 045	790	1 130	747	499	522	446	523	495	486
1 000	1 174	1 005	1 270	1 158	866	–	828	545	568	478	562	538	524

Tabela 30 – Fatores de correção para temperatura ambiente diferente de 30 °C, para linhas aéreas

Temperatura ambiente °C	Abrigada do sol		Exposta ao sol	
	Isolação de EPR, HEPR, XLPE ou TR XLPE	Isolação de EPR 105	Isolação de EPR, HEPR, XLPE ou TR XLPE ^a	Isolação de EPR 105 ^b
10	1,15	1,13	1,15	1,13
15	1,12	1,10	1,12	1,10
20	1,08	1,06	1,08	1,06
25	1,04	1,03	1,04	1,03
35	0,96	0,97	0,92	0,94
40	0,91	0,93	0,83	0,88
45	0,87	0,89	0,73	0,82
50	0,82	0,86	0,62	0,75
55	0,76	0,82	0,49	0,68
60	0,71	0,77	0,31	0,60
65	0,65	0,73	—	0,51
70	0,58	0,68	—	0,40
75	0,50	0,63	—	0,25
80	0,41	0,58	—	—
^a Estes cabos não podem ser utilizados em temperatura ambiente superior a 60 °C.				
^b Estes cabos não podem ser utilizados em temperatura ambiente superior a 75 °C.				

Tabela 31 – Fatores de correção para temperatura ambiente diferente de 20 °C, para linhas subterrâneas

Temperatura ambiente °C	Isolação	
	EPR, HEPR, XLPE ou TR XLPE	EPR 105
10	1,07	1,06
15	1,04	1,03
25	0,96	0,97
30	0,93	0,94
35	0,89	0,91
40	0,85	0,87
45	0,80	0,84
50	0,76	0,80
55	0,71	0,77
60	0,65	0,73
65	0,60	0,69
70	0,53	0,64
75	0,46	0,59
80	0,38	0,54

NOTA Os fatores para linhas aéreas abrigadas do sol e para linhas enterradas podem ser calculados por:

$$K = \sqrt{\frac{\theta_{\text{condutor}} - \theta_2}{\theta_{\text{condutor}} - \theta_1}}$$

onde

θ_{condutor} é a temperatura máxima no condutor (90 °C ou 105 °C, conforme a isolação do condutor);

θ_1 é a temperatura ambiente, conforme 6.2.5.3.2;

θ_2 é a temperatura ambiente de projeto.

Tabela 32 – Fatores de correção para cabos diretamente enterrados ou contidos em eletrodutos diretamente enterrados no solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W, a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência F1, F2, G1, G2, H ou I

Resistividade térmica K.m/W		1	1,5	2	3	4
Fator de correção	F1	1,24	1,14	1,06	0,93	0,83
	F2	1,14	1,09	1,04	0,94	0,85
	G1	1,31	1,18	1,08	0,93	0,82
	G2	1,15	1,09	1,04	0,94	0,85
	H	1,45	1,23	1,09	0,91	0,80
	I	1,44	1,23	1,09	0,91	0,80


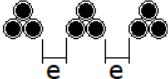
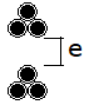
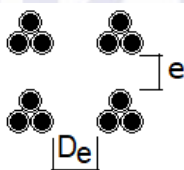
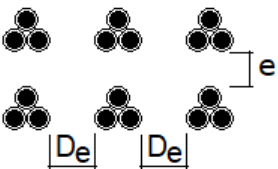
NOTA Os fatores de correção dados são valores médios para as seções normais incluídas nas Tabelas 28 e 29, considerando os métodos de instalação e as disposições possíveis dos cabos, e o seu uso pode resultar em uma capacidade de condução de corrente até cerca de 11 % menor que o valor real, calculado conforme as IEC 60287-1-1 e IEC 60287-2-1.

Tabela 33 – Fatores de correção para profundidades diferentes de 0,9 m a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência F, G, H ou I

Profundidade m		0,7	1,2	1,5	2,0
Fator de correção	F1	1,02	0,97	0,94	0,91
	F2	1,02	0,96	0,94	0,91
	G1	1,02	0,96	0,93	0,90
	G2	1,03	0,95	0,92	0,88
	H	1,01	0,97	0,94	0,92
	I	1,02	0,96	0,93	0,90

NOTA Dependendo da instalação e da seção do condutor, o uso destes fatores de correção pode resultar em uma capacidade de condução de corrente até cerca de 4 % menor que o valor real, calculado conforme as IEC 60287-1-1 e IEC 60287-2-1.

Tabela 34 – Fatores de correção para grupos de cabos unipolares dispostos em trifólio ao ar livre, a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência A1

Grupo	Esquema ilustrativo	Espaçamento ^{a, b}	Fator de correção
Dois grupos formados por cabos unipolares em trifólio, na horizontal		$e \geq D_e$ $e < D_e$	1,00 0,93
Três grupos formados por cabos unipolares em trifólio, na horizontal		$e \geq 1,5 \cdot D_e$ $e < 1,5 \cdot D_e$	1,00 0,92
Dois grupos formados por cabos unipolares em trifólio, na vertical		$e \geq 3,5 \cdot D_e$ $2,5 \cdot D_e \leq e < 3,5 \cdot D_e$ $2 \cdot D_e \leq e < 2,5 \cdot D_e$ $1,5 \cdot D_e \leq e < 2 \cdot D_e$ $D_e \leq e < 1,5 \cdot D_e$ $0,5 \cdot D_e \leq e < D_e$ $e < 0,5 \cdot D_e$	1,00 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,88
Dois conjuntos de grupos com dois trifólios na vertical		$e \geq 3,5 \cdot D_e$ $2,5 \cdot D_e \leq e < 3,5 \cdot D_e$ $2 \cdot D_e \leq e < 2,5 \cdot D_e$ $1,5 \cdot D_e \leq e < 2 \cdot D_e$ $D_e \leq e < 1,5 \cdot D_e$ $0,5 \cdot D_e \leq e < D_e$ $e < 0,5 \cdot D_e$	1,00 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,88
Três conjuntos de grupos com dois trifólios na vertical		$e \geq 3,5 \cdot D_e$ $2,5 \cdot D_e \leq e < 3,5 \cdot D_e$ $2 \cdot D_e \leq e < 2,5 \cdot D_e$ $1,5 \cdot D_e \leq e < 2 \cdot D_e$ $D_e \leq e < 1,5 \cdot D_e$ $0,5 \cdot D_e \leq e < D_e$ $e < 0,5 \cdot D_e$	1,00 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,88

^a e = espaçamento; D_e = diâmetro do cabo unipolar que forma o trifólio.

^b O afastamento mínimo de qualquer superfície deve ser de $0,5 \cdot D_e$.

NOTA Estes são os agrupamentos normalizados na IEC 60287-2-2. Se outras formas de agrupamento forem utilizadas, recomenda-se que os fatores sejam procurados na literatura especializada (normas técnicas estrangeiras, artigos técnicos ou livros).

Tabela 35 – Fatores de correção para grupos de cabos tripolares ao ar livre, a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência A1 (continua)

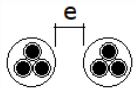
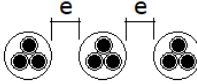

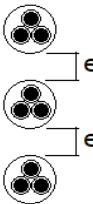
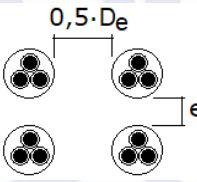
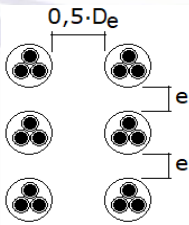
Grupo	Esquema ilustrativo ^c	Espaçamento ^{a, b}	Fator de correção
Dois cabos tripolares na horizontal		$e \geq 0,5 \cdot D_e$ $e < 0,5 \cdot D_e$	1,00 0,89
Três cabos tripolares na horizontal		$e \geq 0,75 \cdot D_e$ $e < 0,75 \cdot D_e$	1,00 0,84
Dois cabos tripolares na vertical		$e \geq 2 \cdot D_e$ $1,5 \cdot D_e \leq e < 2 \cdot D_e$ $D_e \leq e < 1,5 \cdot D_e$ $0,5 \cdot D_e \leq e < D_e$ $e < 0,5 \cdot D_e$	1,00 0,99 0,97 0,94 0,90
Três cabos tripolares na vertical		$e \geq 3,5 \cdot D_e$ $3 \cdot D_e \leq e < 3,5 \cdot D_e$ $2,5 \cdot D_e \leq e < 3 \cdot D_e$ $2 \cdot D_e \leq e < 2,5 \cdot D_e$ $1,5 \cdot D_e \leq e < 2 \cdot D_e$ $D_e \leq e < 1,5 \cdot D_e$ $0,5 \cdot D_e \leq e < D_e$ $e < 0,5 \cdot D_e$	1,00 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,91 0,85
Dois conjuntos de grupos com dois cabos tripolares na vertical		$e \geq 2 \cdot D_e$ $1,5 \cdot D_e \leq e < 2 \cdot D_e$ $D_e \leq e < 1,5 \cdot D_e$ $0,5 \cdot D_e \leq e < D_e$ $e < 0,5 \cdot D_e$	1,00 0,99 0,97 0,94 0,90
Dois conjuntos de grupos com três cabos tripolares na vertical		$e \geq 3,5 \cdot D_e$ $3 \cdot D_e \leq e < 3,5 \cdot D_e$ $2,5 \cdot D_e \leq e < 3 \cdot D_e$ $2 \cdot D_e \leq e < 2,5 \cdot D_e$ $1,5 \cdot D_e \leq e < 2 \cdot D_e$ $D_e \leq e < 1,5 \cdot D_e$ $0,5 \cdot D_e \leq e < D_e$ $e < 0,5 \cdot D_e$	1,00 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,91 0,85

Tabela 35 (conclusão)

Grupo	Esquema ilustrativo ^c	Espaçamento ^{a, b}	Fator de correção
Três conjuntos de grupos com três cabos tripolares na vertical		$e \geq 3,5 \cdot D_e$ $3 \cdot D_e \leq e < 3,5 \cdot D_e$ $2,5 \cdot D_e \leq e < 3 \cdot D_e$ $2 \cdot D_e \leq e < 2,5 \cdot D_e$ $1,5 \cdot D_e \leq e < 2 \cdot D_e$ $D_e \leq e < 1,5 \cdot D_e$ $0,5 \cdot D_e \leq e < D_e$ $e < 0,5 \cdot D_e$	1,00 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,91 0,85

^a e = espaçamento; D_e = diâmetro do cabo tripolar.

^b O afastamento mínimo de qualquer superfície deve ser de $0,5 \cdot D_e$.

^c Os espaçamentos verticais e horizontais são mínimos para o uso do fator.

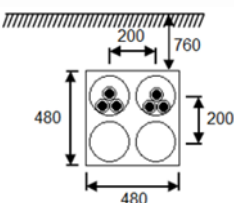
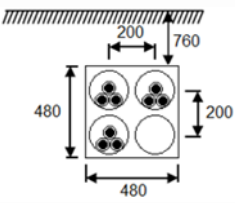
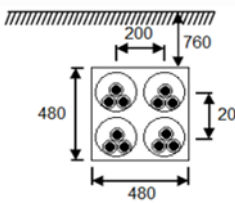
NOTA Estes são os agrupamentos normalizados pela IEC 60287-2-2. Se outras formas de agrupamento forem utilizadas, recomenda-se que os fatores sejam procurados na literatura especializada (normas técnicas estrangeiras, artigos técnicos ou livros).

Tabela 36 – Fatores de correção de agrupamento de eletrodutos diretamente enterrados, sendo cada eletroduto com três cabos unipolares ou um cabo tripolar, a serem multiplicados pela capacidade de condução de corrente do método de referência F1

Número de dutos	Seção condutor mm^2	Espaçamento entre os centros dos eletrodutos				
		mm				
		Encostados	200	400	600	800
2	10 a 150	0,80	0,84	0,88	0,91	0,93
	185 a 1 000		0,80	0,85	0,88	0,90
3	10 a 150	0,68	0,74	0,80	0,84	0,87
	185 a 1 000		0,69	0,75	0,80	0,83
4	10 a 150	0,62	0,69	0,76	0,81	0,84
	185 a 1 000		0,64	0,71	0,76	0,80

NOTA Dependendo da instalação, o uso destes fatores de correção pode resultar em uma capacidade de condução de corrente até 7,5 % menor que o valor correto, calculado conforme as IEC 60287-1-1 e IEC 60287-2-1.

Tabela 37 – Fatores de correção para cabos unipolares e cabos tripolares em banco de dutos a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência F2

Seção do condutor mm ²			
10 a 150	0,84	0,73	0,65
185 a 1 000	0,81	0,69	0,61

NOTA 1 Dependendo da instalação e da seção do condutor, o uso destes fatores de correção pode resultar em uma capacidade de condução de corrente até cerca de 7 % menor que o valor real, calculado conforme as IEC 60287-1-1 e IEC 60287-2-1.

NOTA 2 Dimensões diferentes do banco de dutos ou da distância entre dutos afetarão fortemente o fator de correção, de modo que, havendo essas diferenças, os valores da capacidade de corrente devem ser calculados conforme as IEC 60287-1-1 e IEC 60287-2-1.

Tabela 38 – Fatores de correção de agrupamento de eletrodutos diretamente enterrados e espaçados, sendo cada eletroduto com um cabo unipolar, a serem multiplicados pela capacidade de condução de corrente do método de referência G1 (continua)

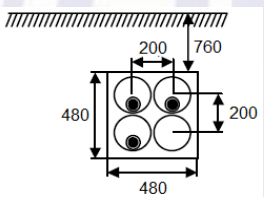
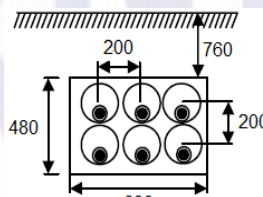
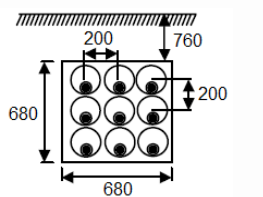
Número de dutos	Seção do condutor mm ²	Espaçamento entre os centros dos eletrodutos mm			
		200	400	600	800
3	10 a 50	1,06	1,10	1,12	1,14
	70 a 150	1,00	1,01	1,02	1,02
	185 a 400	0,97	0,93	0,92	0,92
	500 a 1 000	0,97	0,92	0,89	0,88
6	10 a 50	0,92	1,00	1,05	1,09
	70 a 150	0,86	0,91	0,95	0,97
	185 a 400	0,82	0,83	0,85	0,86
	500 a 1 000	0,82	0,81	0,81	0,82
9	10 a 50	0,85	0,95	1,02	1,07
	70 a 150	0,79	0,87	0,91	0,95
	185 a 400	0,75	0,79	0,82	0,84
	500 a 1 000	0,74	0,76	0,78	0,80

Tabela 38 (conclusão)

Número de dutos	Seção do condutor mm ²	Espaçamento entre os centros dos eletrodutos mm			
		200	400	600	800
12	10 a 50	0,81	0,93	1,00	1,05
	70 a 150	0,75	0,84	0,90	0,93
	185 a 400	0,71	0,77	0,80	0,83
	500 a 1 000	0,70	0,74	0,77	0,78

NOTA Dependendo da instalação e da seção do condutor, o uso destes fatores de correção pode resultar em uma capacidade de condução de corrente até 15 % menor do que o valor real, calculado conforme as IEC 60287-1-1 e IEC 60287-2-1.

Tabela 39 – Fatores de correção para cabos unipolares em banco de dutos a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência G2

Seção do condutor mm ²			
10 a 120	0,99	0,78	0,67
150 a 300	0,95	0,71	0,61
400 a 1 000	0,94	0,67	0,57

NOTA 1 Dependendo da instalação e da seção do condutor, o uso destes fatores de correção pode resultar em uma capacidade de condução de corrente até cerca de 10 % menor que o valor real, calculado conforme as IEC 60287-1-1 e IEC 60287-2-1.

NOTA 2 Dimensões diferentes do banco de dutos ou da distância entre dutos afetarão fortemente o fator de correção, de modo que, havendo essas diferenças, recomenda-se que os valores da capacidade de corrente sejam calculados conforme as IEC 60287-1-1 e IEC 60287-2-1.

NOTA 3 Na segunda e na terceira figura, o fator foi calculado para o caso das três fases do circuito na disposição horizontal.

Tabela 40 – Fatores de correção de agrupamento a serem multiplicados pela capacidade de condução de corrente do método de referência H


Número de condutores isolados		
Seis condutores isolados	Nove condutores isolados	12 condutores isolados
0,76	0,65	0,58
<p>NOTA 1 Dependendo da instalação e da seção do condutor, o uso destes fatores de correção pode resultar em uma capacidade de condução de corrente até 3 % menor que o valor real, calculado conforme as IEC 60287-1-1 e IEC 60287-2-1.</p> <p>NOTA 2 Exemplo de cabos encostados para este método:</p> 		

Tabela 41 – Fatores de correção de agrupamento de cabos unipolares espaçados diretamente enterrados, a serem multiplicados pela capacidade de condução de corrente do método de referência I

Espaçamento entre centros de cabos	Seção do condutor mm ²	Número de cabos			
		3	6	9	12
2 · D _e	Todas	1,00	0,78	0,68	0,61
200 mm	10 a 120	1,06	0,90	0,82	0,78
	150 a 300	0,97	0,81	0,74	0,70
	400 a 1 000	0,92	0,76	0,68	0,64
<p>NOTA 1 D_e = diâmetro externo do cabo.</p> <p>NOTA 2 Dependendo da instalação e da seção do condutor, o uso destes fatores de correção pode resultar em uma capacidade de condução de corrente até 10 % menor do que o valor real, calculado conforme as IEC 60287-1-1 e IEC 60287-2-1.</p>					

6.2.6 Correntes de curto-circuito

6.2.6.1 Correntes de curto-circuito nos condutores

6.2.6.1.1 O valor da corrente de curto-circuito é determinado por:

$$I = K \cdot S \cdot \sqrt{\frac{1}{t} \cdot \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)}$$

onde

S é a seção nominal do condutor, expressa em milímetros quadrados (mm²);

I é a corrente de curto-circuito, expressa em ampères (A);

t é o tempo de duração do curto-circuito, expresso em segundos (s);

θ_f é a temperatura do condutor no final do curto-circuito, expressa em graus Celsius (°C);

θ_i é a temperatura do condutor no início do curto-circuito, expressa em graus Celsius (°C);

β é o inverso do coeficiente de temperatura da resistência a 0 °C, expresso em graus Celsius (°C);

K é a constante dependente do metal do condutor ($A \cdot s^{1/2} \cdot mm^{-2}$).

6.2.6.1.2 A duração máxima do curto-circuito deve ser de 5 s.

6.2.6.1.3 Os valores de K e β são determinados para o metal que forma o condutor (cobre ou alumínio), conforme a Tabela 42.

Tabela 42 – Valores das constantes K e β para o cobre e alumínio

Material	β (°C)	K ($A \cdot s^{1/2} \cdot mm^{-2}$)
Cobre	234,5	226
Alumínio	228	148

6.2.6.1.4 A temperatura do condutor de cabos isolados no início do curto-circuito deve ser assumida como sendo a temperatura máxima em regime permanente permitida para o material da isolação, conforme a Tabela 43, onde também são especificados os valores da temperatura do condutor no final do curto-circuito.

Tabela 43 – Temperaturas inicial e final do condutor no curto-circuito

Material da isolação	Temperatura inicial °C	Temperatura final °C ^a
EPR e HEPR	90	250
EPR 105	105	250
XLPE e TR XLPE	90	250
^a Conexões soldadas limitam a temperatura final a 160 °C.		

6.2.6.2 Correntes de curto-circuito na blindagem metálica

6.2.6.2.1 O valor da corrente de curto-circuito é determinado por:

$$I = K \cdot S \cdot \sqrt{\frac{1}{t} \cdot \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)}$$

onde

S é a seção nominal da blindagem, expressa em milímetros quadrados (mm^2);

I é a corrente de curto-circuito, expressa em ampères (A);

t é o tempo de duração do curto-circuito, expresso em segundos (s);

θ_f é a temperatura da blindagem no final do curto-circuito, expressa em graus Celsius (°C);

θ_i é a temperatura da blindagem no início do curto-circuito, expressa em graus Celsius (°C);

β é o inverso do coeficiente de temperatura da resistência a 0 °C, expresso em graus Celsius (°C);

K é a constante dependente do metal da blindagem ($A.s^{1/2}.mm^{-2}$).

6.2.6.2.2 A duração máxima do curto-circuito deve ser de 5 s.

6.2.6.2.3 Os valores de K e β são determinados para o metal que forma a blindagem, em geral, o cobre, e são dados na Tabela 42.

6.2.6.2.4 A temperatura da blindagem no início do curto-circuito deve ser considerada como sendo 5 °C menor que a do condutor, ou seja, no caso dos cabos isolados com XLPE, TR XLPE, EPR e HEPR, a temperatura deve ser igual a 85 °C, e no caso dos cabos isolados com EPR 105, igual a 100 °C.

6.2.6.2.5 A temperatura da blindagem no final do curto-circuito é indicada na Tabela 44.

Tabela 44 – Temperatura da blindagem no final do curto-circuito

Material da cobertura	SE1/A, SHF2 e SE1/B °	ST3 °	SHF1 e ST7 °	ST1 e ST2 °
Temperatura final máxima °C ^{a, b}	220	150	180	200
^a Conexões soldadas limitam a temperatura final máxima a 160 °C. ^b A presença de capa de chumbo limita a temperatura final máxima a 200 °C (ligas de chumbo) ou a 170 °C (chumbo). ^c SE1/A e SE1/B = policloropreno, polietileno clorossulfonado, polietileno clorado ou similares SHF2 = Composto poliolefínico termofixo não halogenado SHF1 = Composto poliolefínico termoplástico não halogenado ST3 e ST7 = Polietileno termoplástico ST1 e ST2 = PVC				

6.2.7 Quedas de tensão

NOTA Para o cálculo da queda de tensão num circuito, deve ser utilizada a corrente de projeto do circuito, calculada a partir das prescrições de 4.2.1.

6.2.7.1 A queda de tensão entre a origem de uma instalação e qualquer ponto de utilização deve ser menor ou igual a 5%.

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.

6.2.8 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, 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 elétricas 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.

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.

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.

6.2.8.12 Em locais sujeitos às condições de influências externas AD2, AD3 e AD4, todos os componentes de uma conexão devem ser protegidos contra corrosões provocadas pela presença de água e/ou umidade

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 de paredes

Nas travessias de paredes, as linhas elétricas devem ser providas de proteção mecânica adequada.

6.2.9.4 Vizinhança

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 20 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 serem 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 for assegurada conforme as prescrições de 5.1.2, considerando-se as canalizações metálicas não elétricas como elementos condutores;
- b) as linhas elétricas forem 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 diferentes tensões nominais 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 menores tensões nominais sejam submetidos a sobretensões.

6.2.9.6 Barreiras corta-fogo

6.2.9.6.1 Nas travessias de pisos e paredes por linhas elétricas, devem ser tomadas precauções adequadas para evitar a propagação de um incêndio.

6.2.9.6.2 Nos espaços de construção e nas galerias, devem ser tomadas precauções adequadas para evitar a propagação de um incêndio.

6.2.10 Instalações de cabos

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, quando as três condições seguintes forem simultaneamente atendidas:

- a) os circuitos pertencerem à mesma instalação, isto é, se originarem do mesmo dispositivo geral de manobra e proteção, sem a interposição de equipamentos que transformem a corrente elétrica;
- b) as seções nominais dos condutores fase estiverem contidas dentro de um intervalo de três valores normalizados sucessivos;
- c) os cabos tiverem a mesma temperatura máxima para serviço contínuo.

6.2.10.3 Os cabos unipolares pertencentes a um mesmo circuito devem ser instalados na proximidade imediata uns dos outros. Essa regra aplica-se igualmente ao condutor de proteção correspondente.

6.2.10.4 Não é permitida a instalação de um único cabo unipolar no interior de um conduto fechado de material condutor.

6.2.10.5 Quando vários cabos forem reunidos em paralelo, eles devem ser reunidos em tantos grupos quantos forem os cabos em paralelo, com cada grupo contendo um cabo de cada fase ou polaridade. Os cabos de cada grupo devem estar instalados na proximidade imediata uns dos outros.

NOTA Em particular, no caso de condutos fechados de material condutor, todos os condutores vivos de um mesmo circuito devem estar contidos em um mesmo conduto.

6.2.10.6 Devem ser ligadas à terra as blindagens e/ou capas metálicas dos cabos em uma das extremidades. A segunda extremidade pode ser aterrada.

NOTA A segunda extremidade pode ser aterrada, desde que a transferência de potencial e a corrente que circula pela blindagem estejam dentro de limites aceitáveis. São exemplos de situações onde isto ocorre:

- a) em alimentadores longos, onde a força eletromotriz induzida na blindagem ou capa metálica, quando aterrada em uma só extremidade, pode atingir um valor perigoso para as pessoas ou mesmo causar centelhamento;
- b) quando se pretende utilizar as blindagens como caminho de retorno da corrente de falta para a fonte.

6.2.11 Prescrições para instalação

6.2.11.1 Eletrodutos não enterrados

6.2.11.1.1 As dimensões internas dos eletrodutos e respectivos acessórios de ligação devem permitir instalar e retirar facilmente os cabos após a instalação dos eletrodutos e acessórios. Para isso, é necessário que a taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não seja superior a:

- a) 40% no caso de um cabo;
- b) 30% no caso de dois ou mais cabos.

6.2.11.1.2 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°.

6.2.11.1.3 As curvas feitas diretamente nos eletrodutos não devem reduzir efetivamente seu diâmetro interno.

6.2.11.1.4 Devem ser empregadas caixas de derivação:

- a) em todos os pontos de entrada ou saída dos cabos 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 cabos;
- c) para dividir a tubulação em trechos adequados que considerem os esforços de tração aos quais os cabos possam estar sujeitos durante o puxamento.

6.2.11.1.5 Os cabos devem formar trechos contínuos entre as caixas de derivação; as emendas e derivações devem ficar colocadas dentro das caixas. Cabos emendados ou cujos componentes tenham sido danificados e recompostos não devem ser enfiados em eletrodutos.

6.2.11.1.6 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.

6.2.11.1.7 As junções dos eletrodutos embutidos devem ser efetuadas com auxílio de acessórios estanques em relação aos materiais de construção.

6.2.11.1.8 Os eletrodutos só devem ser cortados perpendicularmente a seu eixo. Deve ser retirada toda rebarba suscetível de danificar a isolação dos cabos.

6.2.11.1.9 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).

6.2.11.1.10 Quando necessário, os eletrodutos rígidos isolantes devem ser providos de juntas de expansão para compensar as variações térmicas.

6.2.11.1.11 Os cabos somente devem ser enfiados depois de estar completamente terminada a rede de eletrodutos e concluídos todos os serviços de construção que os possam danificar. O puxamento só deve ser iniciado após a tubulação estar perfeitamente limpa.

6.2.11.1.12 Para facilitar a enfição dos cabos, podem ser utilizados:

- a) guias de puxamento que, entretanto, só devem ser introduzidos no momento do puxamento dos cabos e não durante a execução das tubulações;
- b) talco, parafina ou outros lubrificantes que não prejudiquem a integridade do cabo.

6.2.11.1.13 Somente são admitidos em instalação aparente eletrodutos que não propaguem a chama.

6.2.11.1.14 Somente são admitidos em instalação embutida os eletrodutos que suportem os esforços de deformação característicos do tipo de construção utilizado.

6.2.11.1.15 Em instalação embutida, os eletrodutos que possam propagar a chama devem ser totalmente envolvidos por materiais incombustíveis.

6.2.11.2 Ao ar livre (cabos em bandejas, leitos, prateleiras e suportes)

6.2.11.2.1 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.

6.2.11.2.2 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.

6.2.11.2.3 Nas bandejas, leitos e prateleiras, os cabos devem ser dispostos preferencialmente em uma única camada.

6.2.11.3 Canaletas

As canaletas instaladas no solo são classificadas, sob o ponto de vista das influências externas (presença de água), como AD4, conforme tabela 3.

6.2.11.4 Linhas elétricas enterradas

6.2.11.4.1 Em instalações com cabos diretamente enterrados, somente são admitidos:

- a) cabos unipolares ou multipolares providos de armação; ou
- b) cabos unipolares ou multipolares sem armação, porém com proteção mecânica adicional provida pelo método construtivo adotado.

6.2.11.4.2 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.

6.2.11.4.3 Como prevenção contra os efeitos de movimentação de terra, os cabos devem ser instalados, em terreno normal, pelo menos a 0,90 m da superfície do solo. Essa profundidade deve ser aumentada para 1,20 m na travessia de vias acessíveis a veículos e numa 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.

6.2.11.4.4 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.

6.2.11.4.5 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. Em particular, no caso de linhas de telecomunicações que estejam paralelas às linhas de média tensão, deve ser mantida uma distância mínima de 0,50 m.

6.2.11.4.6 Qualquer linha enterrada deve ser continuamente sinalizada por um elemento de advertência (por exemplo, fita colorida) não sujeito à deterioração, situado no mínimo a 0,10 m acima dela.

6.2.11.4.7 As emendas e derivações devem ser feitas de modo a assegurar a continuidade das características elétricas e mecânicas dos cabos.

As emendas e derivações dos cabos instalados em eletrodutos devem localizar-se em poços de inspeção.

6.2.11.4.8 Os poços de inspeção devem ser construídos em alvenaria ou material equivalente, ter resistência e drenagens adequadas e dispor de tampa superior resistente à carga a que pode ser submetida.

Os poços com mais de 0,60 m de profundidade devem permitir o ingresso de uma pessoa. Para isso, devem ter dimensões mínimas tais que seja possível inscrever-se, na parte inferior livre para circulação, um círculo de diâmetro mínimo de 0,80 m. O tampão de entrada deve ser circular com diâmetro mínimo de 0,60 m. Na parte interna, o poço deve dispor de degraus espaçados em 0,30 m.

O piso do poço deve situar-se 0,30 m abaixo da parte inferior do eletroduto de nível mais baixo.

Os poços devem ter dispositivo para facilitar a drenagem.

6.2.11.4.9 O raio de curvatura mínimo dos cabos deve obedecer à ABNT NBR 9511.

6.2.11.4.10 Os cabos com armação podem ser enterrados diretamente no solo.

6.2.11.4.11 Os cabos não armados somente podem ser instalados devidamente protegidos por eletrodutos, salvo quando fabricados especialmente para instalação direta no solo. Quando instalados em canaletas abertas, são considerados como instalação ao ar livre.

6.2.11.4.12 Em caso de utilização de eletrodutos de material condutor, todos os condutores vivos devem passar pelo mesmo eletroduto.

As dimensões internas dos eletrodutos e respectivos acessórios de ligação devem permitir instalar e retirar facilmente os cabos após a instalação dos eletrodutos e acessórios. Para isso, é necessário que a taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não seja superior a:

- a) 40% no caso de um cabo;
- b) 30% no caso de dois ou mais cabos.

As linhas de eletrodutos devem ter declividade adequada, para facilitar o escoamento das águas de infiltração, sendo no mínimo de 1%.

Entre dois poços de inspeção consecutivos, é permitida uma única curva, em qualquer plano, não superior a 45°.

6.2.11.5 Linhas aéreas

6.2.11.5.1 Condições mecânicas

É permitido o emprego de condutores nus, sendo necessária a utilização, nas proximidades de árvores, de condutores com proteção adequada ao contato acidental com a árvore. O condutor de proteção pode ser nu, em qualquer condição.

As emendas dos condutores devem ser executadas de modo a assegurar o perfeito e permanente contato elétrico e a continuidade das características mecânicas do condutor, não devendo ser feitas sobre os isoladores.

Sempre que houver esforços resultantes não suportáveis pelos pinos, provenientes de pontos finais, ângulos, esforços desbalanceados etc., devem ser usados isoladores e ferragens com características adequadas para as solicitações mecânicas, de acordo com a ABNT NBR 15688.

As junções entre condutores de materiais diferentes devem ser feitas exclusivamente com conectores apropriados que não possibilitem a corrosão.

A solicitação mecânica máxima dos condutores deve estar de acordo com a ABNT NBR 15688.

O pino deve suportar o peso do condutor, a pressão do vento sobre este e os esforços mecânicos do condutor, quando em ângulo ou em tangente.

As cruzetas podem ser de concreto armado, conforme ABNT NBR 8453, madeira adequada e tratada contra apodrecimento, conforme ABNT NBR 8458, ou de aço zincado, conforme acordo entre as partes. Os acessórios de fixação das cruzetas, quando de aço, devem ser zincados.

As cruzetas e os acessórios de fixação devem ser dimensionados para resistir à resultante dos esforços mecânicos provenientes dos condutores. No caso de pontos de deflexão, deve ser considerado ainda o desequilíbrio mais desfavorável da ruptura dos condutores. No caso de pontos de amarração, deve ser considerado o desequilíbrio resultante de ruptura de linhas, na situação mais desfavorável.

Os postes ou torres para suporte de linhas aéreas devem ser calculados de modo a resistirem à resultante de todos os esforços das linhas, pressão de vento e esforços provenientes de montagem. No caso de pontos de deflexão, deve ser considerado ainda o desequilíbrio mais desfavorável resultante da ruptura dos condutores. No caso de pontos de amarração, deve ser considerado o desequilíbrio resultante da ruptura de linhas, na situação mais desfavorável.

Os postes podem ser de concreto armado, conforme a ABNT NBR 8451, de madeira adequadamente tratada, conforme a ABNT NBR 16202, ou de aço (perfilado ou tubular), conforme acordo entre as partes.

6.2.11.5.2 Disposição dos condutores

Quando forem instalados diversos circuitos de tensões diferentes, eles devem ser dispostos em ordem decrescente de suas tensões, a partir da parte superior do suporte.

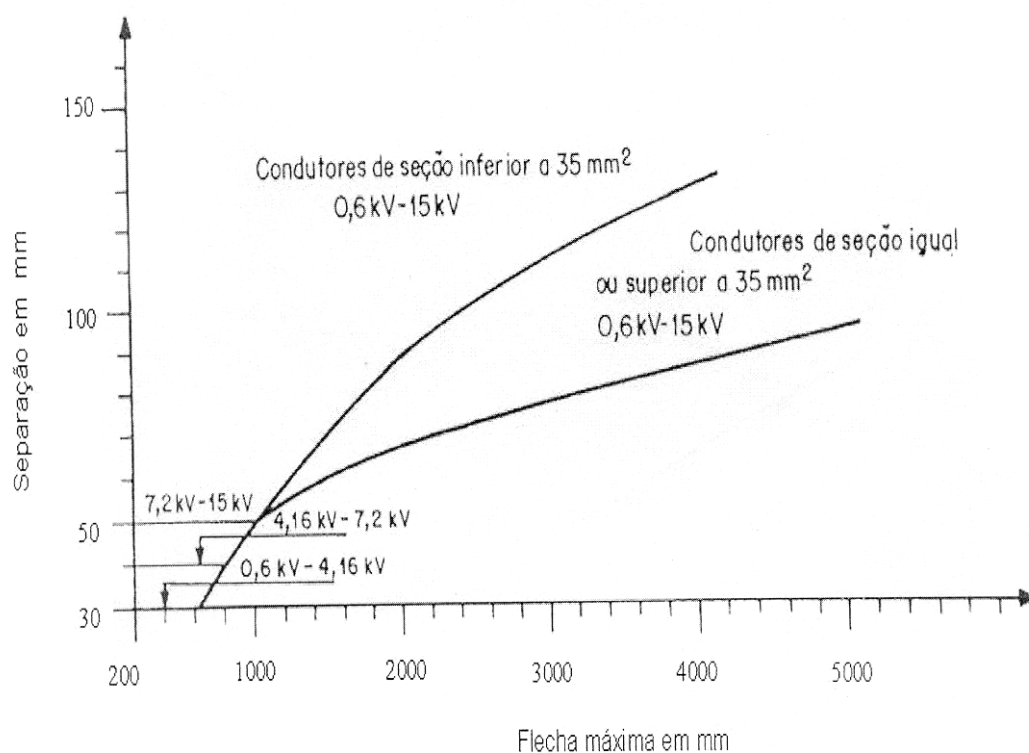
Os circuitos exclusivos para telefonia, sinalização e semelhantes devem ser instalados em nível inferior ao dos condutores de energia elétrica, de acordo com a ABNT NBR 15688.

As linhas aéreas, quando nas proximidades de linhas de comunicação ou semelhantes, devem ser instaladas de modo a evitar tensões induzidas que possam causar distúrbios ou danos aos operadores ou seus usuários.

6.2.11.5.3 Afastamentos

A distância entre condutores de um mesmo circuito ou circuitos diferentes, sustentados na mesma estrutura, deve obedecer:

- em plano horizontal, aos valores indicados no gráfico da figura 9;
- em qualquer outro plano, aos valores indicados no gráfico da figura 9, não devendo, porém, ser inferior a 0,66 m.



NOTA

- Tensão entre fases - Cobre ou alumínio.
- Para os valores de tensão nominal acima de 15 kV os dados acima estão em estudo.

Figura 18 – Separação mínima entre os condutores de um mesmo circuito ou de circuitos diferentes

A distância mínima, em qualquer direção, entre condutores de um circuito e os condutores de outro circuito, ou linhas de comunicação, mensageiros e cabos blindados instalados em estruturas diferentes, deve ser igual à flecha máxima mais 1 cm/kV, considerando o circuito de maior tensão. Esta separação não deve ser inferior a 1,20 m.

A distância vertical mínima entre os condutores de um circuito e de circuitos de natureza diferentes, instalados na mesma estrutura, deve estar de acordo com a ABNT NBR 15688.

A distância vertical mínima dos condutores, quando em cruzamento, instalados em estruturas diferentes, nas condições mais desfavoráveis, deve estar de acordo com a ABNT NBR 15688.

A distância vertical mínima dos condutores, acima do solo ou trilhos, nas condições mais desfavoráveis deve estar de acordo com a ABNT NBR 15688.

A distância mínima de condutores de um circuito a qualquer parte da estrutura de suporte de circuitos diferentes deve ser maior ou igual a $1\text{ m} + 0,7 f$, onde f é a flecha, em metros, do condutor considerado.

Quando existirem circuitos instalados em planos horizontais diferentes, as flechas dos condutores do plano inferior devem ser iguais ou maiores que as do plano superior.

A distância vertical mínima de condutores a edificações, em locais acessíveis ou não, deve ser maior ou igual 2,40 m.

A distância horizontal mínima de condutores a edificações, em locais acessíveis, janelas, terraços, marquises e sacadas deve ser maior ou igual a $1,50\text{ m} + 0,7 f$, onde f é a flecha, em metros, do condutor considerado.

A distância horizontal mínima de condutores a edificações, em locais não acessíveis, como paredes e telhados, deve ser maior ou igual a $0,8\text{ m} + 0,7 f$, onde f é a flecha, em metros, do condutor considerado.

A distância entre as linhas laterais e qualquer ponto de pontes ou estruturas deve ser no mínimo de 5 m em todas as direções, devendo, no entanto, estar de acordo com a ABNT NBR 15688.

6.2.11.6 Cabos aéreos isolados

Os cabos auto-sustentados devem ser instalados de forma a obedecer às condições de instalação estabelecidas pelo fabricante.

Nas instalações de cabos não auto-sustentados, os apoios e suportes do cabo-guia não podem ter espaçamentos superiores a 40 m, salvo especificações contrárias do fabricante.

As presilhas, envoltivos ou simples suportes de fixação ou apoio, quando de seção retangular, não devem apresentar, no contato, dimensão inferior a 6% do diâmetro do cabo suportado e, quando de seção circular, seu diâmetro não deve ser inferior a 8% do diâmetro do cabo, sendo que em ambos os casos a dimensão mínima deve ser de 3 mm.

6.2.11.7 Barramentos blindados

6.2.11.7.1 Definição

Os barramentos blindados devem ser utilizados exclusivamente em instalações não embutidas, devendo ser previstas as possibilidades de impactos mecânicos e de agressividade do meio ambiente.

O invólucro deve ser solidamente ligado à terra e ao condutor de proteção, em toda sua extensão, por meio de condutor contínuo, acessível e instalado externamente.

Quando instalado em altura menor ou igual a 2,50 m, o invólucro não pode ter aberturas ou orifícios. Acima desse nível, são permitidos invólucros vazados, desde que não haja a possibilidade de contato acidental.

Quando instalado em ambiente sujeito a poeiras ou material em suspensão no ar, o invólucro deve ser do tipo hermético.

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 seccionamento do condutor neutro deve efetuar-se após ou virtualmente ao mesmo tempo em 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.

6.3.2.3 Dispositivos que assegurem, ao mesmo tempo, mais de uma função, devem satisfazer todas as prescrições previstas, nesta subseção, para cada uma das funções.

6.3.3 Dispositivos de proteção contra sobrecorrentes

6.3.3.1 Disposições gerais

Os disjuntores e as chaves seccionadoras sob carga devem ser operados em uma única tentativa por pessoas advertidas (BA4) e/ou qualificadas (BA5), conforme tabela 12.

6.3.3.2 Seleção dos dispositivos de proteção contra sobrecargas

Quando aplicável, a proteção contra sobrecargas deve ser assegurada por dispositivos que interrompam a corrente quando um condutor ao menos é percorrido por uma corrente de sobrecarga, a interrupção intervindo em um tempo suficientemente curto para que os condutores não sejam danificados.

6.3.3.3 Seleção dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos

A proteção contra curtos-circuitos deve ser assegurada por dispositivos que interrompam a corrente quando um condutor ao menos é percorrido por uma corrente de curto-circuito, a interrupção intervindo em um tempo suficientemente curto para que os condutores não sejam danificados.

6.3.3.4 Natureza dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos

Os dispositivos de proteção contra os curtos-circuitos são escolhidos entre os seguintes:

- a) fusíveis;
- b) disjuntores munidos de disparos associados aos relés.

6.3.3.5 Características dos dispositivos de proteção contra os curtos-circuitos

6.3.3.5.1 Um dispositivo que assegura a proteção contra curtos-circuitos deve atender às seguintes condições:

- a) sua capacidade de interrupção deve ser no mínimo igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto onde este dispositivo é instalado;

- b) o tempo de atuação do dispositivo deve ser menor do que o tempo de circulação da corrente de curto-circuito presumida de forma que a temperatura dos condutores atinja um valor menor ou igual aos valores especificados na tabela 27;
- c) o dispositivo de proteção deve atuar para todas as correntes de curto-circuito, inclusive para a corrente de curto-circuito presumida mínima, a qual, geralmente, corresponde a um curto-circuito bifásico no ponto mais distante da linha elétrica.

6.3.4 Dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão

Por ocasião da seleção dos dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão, devem ser satisfeitas as prescrições de 5.5.

6.3.4.1 Os dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão devem ser constituídos por relés de subtensão atuando sobre contadores ou disjuntores e, ou por seccionadoras para abertura sob carga equipadas com disparador elétrico de abertura.

6.3.4.2 Os dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão podem ser retardados se o funcionamento do equipamento protegido puder admitir, sem inconvenientes, uma falta ou mínima tensão de curta duração.

6.3.4.3 A abertura retardada e o restabelecimento dos dispositivos de proteção não devem, em qualquer caso, impedir o seccionamento instantâneo devido à atuação de outros dispositivos de comando e proteção.

6.3.4.4 Quando o restabelecimento de um dispositivo de proteção for suscetível de criar uma situação de perigo, o restabelecimento não deve ser automático.

6.3.5 Seletividade entre dispositivos de proteção contra sobrecorrentes

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.

6.3.6 Dispositivos de seccionamento e de comando

Todo dispositivo de seccionamento ou de comando deve satisfazer às suas respectivas especificações. Se um dispositivo for 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.

6.3.6.1 Dispositivos de seccionamento

6.3.6.1.1 Os dispositivos de seccionamento devem seccionar efetivamente todos os condutores vivos de alimentação do circuito considerado, levando-se em conta as disposições de 6.3.2.1 e 6.3.2.2.

Os equipamentos utilizados para o seccionamento devem satisfazer às prescrições desde a alínea a) desta seção até 6.3.6.1.5.

- 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.

6.3.6.1.2 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.

6.3.6.1.3 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.

6.3.6.1.4 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, disjuntores;
- b) fusíveis (retirada de);
- c) barras;
- d) terminais especialmente concebidos, que não exijam a retirada de condutores;
- e) dispositivos de comando, contadores.

6.3.6.1.5 Os dispositivos utilizados para seccionamento devem ser claramente identificados, por exemplo, por meio de marcas para indicar os circuitos seccionados.

6.3.6.1.6 A instalação de chaves desligadoras e chaves fusíveis deve ser feita de forma a impedir seu fechamento pela ação da gravidade. Quando esta ação atuar no sentido de abertura, as chaves desligadoras devem ser providas de dispositivos de travamento.

6.3.6.1.7 As chaves que não possuem características adequadas para manobra em carga devem ser instaladas com a indicação seguinte, colocada de maneira bem visível "Esta chave não deve ser manobrada em carga".

6.3.6.1.8 As chaves desligadoras simples e chaves fusíveis devem ser dispostas de forma que, quando abertas, as partes móveis não estejam sob tensão.

6.3.6.2 Dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica

6.3.6.2.1 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.

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.

6.3.6.2.2 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.

6.3.6.2.3 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.

6.3.6.2.4 Os dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica devem ser localizados de modo a serem facilmente identificados e devem ser adequados ao uso previsto.

6.3.6.3 Dispositivos de seccionamento de emergência (incluindo parada de emergência)

6.3.6.3.1 Os dispositivos de seccionamento de emergência devem poder interromper a corrente de plena carga da parte correspondente da instalação.

6.3.6.3.2 Os dispositivos de seccionamento de emergência podem ser constituídos por:

- a) um dispositivo de seccionamento capaz de interromper diretamente a alimentação apropriada;
- b) uma combinação de dispositivos, desde que acionados por uma única operação que interrompa a alimentação apropriada.

6.3.6.3.3 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.

6.3.6.3.4 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.

6.3.6.3.5 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.

6.3.6.3.6 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 ambos sob o controle da mesma pessoa.

6.3.6.3.7 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.

6.4 Aterramento e condutores de proteção

6.4.1 Generalidades

6.4.1.1 As características e a eficácia dos aterramentos devem satisfazer as prescrições de segurança das pessoas e funcionais da instalação.

6.4.1.2 O valor da resistência de aterramento deve satisfazer as condições de proteção e de funcionamento da instalação elétrica, de acordo com o esquema de aterramento utilizado.

NOTA O arranjo e as dimensões do sistema de aterramento são mais importantes que o próprio valor da resistência de aterramento. Entretanto, recomenda-se uma resistência da ordem de grandeza de 10 ohms, como forma de reduzir os gradientes de potencial no solo.

6.4.2 Ligações à terra

6.4.2.1 Aterramento

6.4.2.1.1 A seleção e 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 atender às condições de influências externas (ver 4.3).

6.4.2.1.2 Devem ser tomadas precauções para impedir danos aos eletrodos e a outras partes metálicas por efeitos de eletrólise.

6.4.2.1.3 Conexões mecânicas embutidas no solo devem ser protegidas contra corrosão, através de caixa de inspeção com diâmetro mínimo de 250 mm que permita o manuseio de ferramenta. Esta exigência não se aplicaria a conexões entre peças de cobre ou cobreadas, com solda exotérmica.

6.4.2.1.4 Os pára-raios de resistência não linear devem ter ligação a terra, a mais curta possível, na qual devem ser evitados curvas e ângulos pronunciados.

6.4.2.2 Eletrodos de aterramento

6.4.2.2.1 O eletrodo de aterramento deve constituir uma malha sob o piso da edificação, no mínimo um anel circundando o perímetro da edificação. A eficiência de qualquer eletrodo de aterramento depende da sua distribuição espacial e das condições locais do solo; deve ser selecionado um eletrodo adequado às condições do solo, ao valor da resistência de aterramento exigida pelo esquema de aterramento adotado e a tensão de contato máxima de acordo com 5.1.2.1.2.

6.4.2.2.2 Podem ser utilizados os eletrodos de aterramento convencionais, indicados na tabela 39, 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 provoquem uma grande variação na resistência do aterramento;
- b) o projeto do aterramento deve considerar o possível aumento da resistência de aterramento dos eletrodos devido à corrosão.

6.4.2.2.3 Podem ser utilizadas como eletrodo de aterramento as fundações da edificação.

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.

Tabela 45 – 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	50 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	50 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

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.

6.4.2.3.2 Quando o condutor de aterramento estiver enterrado no solo, sua seção mínima deve estar de acordo com a tabela 40.

Tabela 46 – 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 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 Onde aplicável, deve ser instalado 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) condutores de equipotencialidade ligados a eletrodos de aterramento de outros sistemas (por exemplo, SPDA);
- f) estrutura da edificação.

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

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.

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):

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$$

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 das temperaturas iniciais e finais e do material: do condutor de proteção, de sua isolação e outras partes.

As tabelas 41, 42 e 43 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.

Tabela 47 – Valores de k para condutores de proteção providos de isolamento, 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 48 – 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 49 – Valores de k para condutores de proteção nus onde não haja risco de danos em qualquer material vizinho pelas temperaturas indicadas

Material do condutor	Condições		
	Visível e em áreas restritas	Condições normais	Risco de incêndio
Temperatura máxima Cobre	500°C	200°C	150°C
K	228	159	138
Temperatura máxima Alumínio	300°C	200°C	150°C
K	125	105	91
Temperatura máxima Aço	500°C	200°C	150°C
K	82	58	50
NOTAS 1 As temperaturas indicadas são válidas apenas quando não puderem prejudicar a qualidade das ligações. 2 A temperatura inicial considerada é de 30°C.			

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 44. Se a aplicação da tabela conduzir a valores não padronizados, devem ser usados condutores com a seção normalizada mais próxima. Os valores da tabela 44 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 50 – Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores fase da instalação $S \text{ mm}^2$	Seção mínima do condutor de proteção correspondente $S_p \text{ mm}^2$
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

6.4.3.2 Tipos de condutores de proteção

Podem ser usados como condutores de proteção:

- a) veias de cabos multipolares;
- b) cabos unipolares ou condutores nus num conduto comum aos condutores vivos;
- c) cabos unipolares ou condutores nus independentes;
- d) proteções metálicas ou blindagens de cabos.

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 conexões devem estar acessíveis para verificações e ensaios.

6.4.3.3.3 Nenhum dispositivo de comando ou proteção deve ser inserido no condutor de proteção, porém podem ser utilizadas conexões desmontáveis por meio de ferramentas, para fins de ensaio.

6.4.3.3.4 As partes condutoras expostas de equipamentos não devem ser utilizadas como partes de condutores de proteção.

6.4.4 Condutores de equipotencialidade

6.4.4.1 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 16 mm^2 .

6.4.4.2 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 essas massas.

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.

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.

6.5 Outros equipamentos

6.5.1 Transformadores, autotransformadores e bobinas de indutância

Quando um transformador é levado a alimentar um circuito desequilibrado parcialmente ou totalmente, as condições de funcionamento e as garantias correspondentes (variação relativa de tensão, aquecimentos etc.) devem ser acordadas com o fabricante do mesmo.

Devem ser previstos dispositivos de supervisão, regulação e comando na medida em que estes dispositivos forem necessários ao uso correto dos transformadores e quando a importância desses transformadores e a do serviço que é por estes garantido o justifiquem.

Neste caso, se um transformador comportar muitos elementos monofásicos, cada um deles deve ser munido de um dispositivo de supervisão.

Os transformadores de potência devem ser protegidos contra defeitos internos, sobrecargas e curtos-circuitos e, em certos casos, contra defeitos de isolamento à massa e sobretensões.

6.5.2 Transformadores de medição

Os transformadores de medição devem estar dispostos de forma a serem facilmente acessíveis para sua verificação ou eventual substituição.

6.5.2.1 Transformadores de tensão

O secundário dos transformadores de tensão deve ser protegido contra os defeitos a jusante por fusíveis de baixa tensão, salvo em caso de equipamento da concessionária de distribuição de energia. Estes fusíveis devem ser colocados em um cofre com cadeado independente da alta tensão, sendo que o acesso aos transformadores deve ser possível somente após seccionamento de seu circuito primário.

6.5.2.2 Transformadores de corrente

As seguintes prescrições aplicam-se aos transformadores de corrente:

- a) os valores limites térmicos de corrente de curta duração de um transformador devem ser escolhidos em função do valor máximo da corrente de curto-circuito presumida no local onde o transformador é instalado e do eventual poder limitador do dispositivo de proteção contra os curtos-circuitos;
- b) os transformadores de corrente destinados às medições devem ser escolhidos de tal maneira que os aparelhos de medição que eles alimentam não sejam danificados quando a corrente primária atinge o valor da corrente de curto-circuito no ponto da instalação;
- c) os transformadores de corrente destinados a proteção devem ser escolhidos de modo que seu fator limite de precisão seja suficientemente elevado para que os erros de corrente em caso de curto-circuito não sejam muito grandes;
- d) transformadores de corrente devem ser providos de meios para curto-circuitar seus bornes secundários.

7 Verificação final

7.1 Prescrições gerais

7.1.1 Toda instalação, extensão ou alteração de instalação existente deve ser visualmente inspecionada e ensaiada, durante e/ou quando concluída a instalação, antes de ser colocada em serviço pelo usuário, de forma a se verificar, tanto quanto possível, a conformidade com as prescrições desta Norma.

7.1.2 Deve ser fornecida a documentação da instalação, conforme 6.1.7, às pessoas encarregadas 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 ser verificada constituir uma extensão ou alteração de instalação existente, deve ser verificado se esta não anula as medidas de segurança da instalação existente.

7.1.5 A partir desta verificação deve ser elaborado um laudo que certifique a conformidade da instalação com esta Norma, por profissional devidamente habilitado e/ou credenciado.

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 os requisitos de segurança das normas aplicáveis;

NOTA Isto pode ser verificado pela avaliação da conformidade do componente, por exemplo, pela marca de conformidade.

- b) corretamente selecionados e instalados de acordo com esta Norma e o projeto da instalação;
- c) não visivelmente danificados, de modo a restringir sua segurança.
- d) desimpedidos de restos de materiais, ferramentas ou outros objetos que venham a comprometer seu isolamento.

7.2.2 A inspeção visual deve incluir no mínimo a verificação dos seguintes pontos, quando aplicáveis:

- a) medidas de proteção contra choques elétricos, incluindo medição de distâncias relativas à proteção por barreiras ou invólucros, por obstáculos ou pela colocação fora de alcance;
- b) presença de barreiras contra fogo e outras precauções contra propagação de incêndio e proteção contra efeitos térmicos;
- c) seleção de condutores, de acordo com sua capacidade de condução de corrente e queda de tensão;
- d) escolha e ajuste dos dispositivos de proteção e monitoração;
- e) presença de dispositivos de seccionamento e comandos, corretamente localizados;
- f) seleção dos componentes e das medidas de proteção de acordo com as influências externas;
- g) identificação dos condutores neutro e de proteção;
- h) presença de esquemas, avisos e outras informações similares;

- i) identificação dos circuitos, dispositivos fusíveis, disjuntores, seccionadoras, terminais, transformadores etc.;
- j) correta execução das conexões;
- l) conveniente acessibilidade para operação e manutenção;
- m) medição das distâncias mínimas entre fase e neutro.

7.3 Ensaios

7.3.1 Prescrições gerais

Os ensaios da instalação devem incluir no mínimo os seguintes:

- a) continuidade elétrica dos condutores de proteção e das ligações equipotenciais principais e suplementares;
- b) resistência de isolamento da instalação elétrica;
- c) ensaio de tensão aplicada;
- d) ensaio para determinação da resistência de aterramento;
- e) ensaios recomendados pelos fabricantes dos equipamentos;
- f) ensaios de funcionamento.

Os ensaios devem ser realizados com valores compatíveis aos valores nominais dos equipamentos utilizados e o valor nominal de tensão da instalação.

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 elétrica dos condutores de proteção e das 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

7.3.3.1 A resistência de isolamento deve ser medida:

- a) entre os condutores vivos, tomados dois a dois;
- b) entre cada condutor vivo e a terra.

Durante esta medição os condutores fase e neutro podem ser interligados.

7.3.3.2 A resistência de isolamento deve atender aos valores mínimos especificados nas normas aplicáveis aos componentes da instalação. Esses valores são fornecidos pelos fabricantes de cada componente da instalação.

7.3.4 Ensaio de tensão aplicada

Este ensaio deve ser realizado em equipamento construído ou montado no local da instalação, de acordo com o método e valores limites de ensaio descrito nas normas aplicáveis ao equipamento ou quando recomendado pelo seu fabricante.

7.3.5 Ensaio para determinação da resistência de aterramento

7.3.5.1 Este ensaio deve ser realizado toda a vez que houver a instalação ou ampliação de malhas de terra visando a garantir o atendimento dos valores previstos em projeto.

7.3.5.2 Para a realização desse ensaio todos os cuidados referentes à segurança devem ser tomados, principalmente no caso das ampliações nas instalações em operação. Nesses casos é muitas vezes necessário o desligamento total das instalações.

7.3.6 Ensaos recomendados pelos fabricantes dos equipamentos

Todos os equipamentos que possuem condições especiais de instalações devem sofrer a inspeção de sua montagem com base nas informações fornecidas pelos seus fabricantes. Nos documentos apropriados pode ser verificada a necessidade de ensaios especiais nos equipamentos que fazem parte integrante da sua aprovação para energização.

NOTA São citados como exemplos de ensaios especiais:

- a) ensaio de rigidez dielétrica do óleo isolante - aplicável a transformadores, disjuntores e chaves seccionadoras;
- b) ensaio de fator de potência - aplicável a transformadores, máquinas elétricas de grande porte e geradores;
- c) ensaio de cromatografia de gases e análises físico-químicas de óleos isolantes - aplicável a transformadores de força;
- d) ensaio de tempos de operação - aplicável a disjuntores;
- e) ensaios de resistência de contatos elétricos - aplicável a disjuntores e barramentos de alta capacidade de corrente;
- f) ensaio de tensão aplicada - aplicável a cabos elétricos, equipamentos isolados a vácuo e a gás SF₆.

7.3.7 Ensaos de funcionamento

7.3.7.1 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 e filosofia operativa de projeto.

7.3.7.2 Dispositivos de proteção devem ser submetidos a ensaios de funcionamento, se necessários e aplicáveis, para verificar se estão corretamente instalados e ajustados.

8 Manutenção e operação

8.1 Condições gerais

Antes da realização de qualquer serviço de manutenção e/ou operação, devem ser atendidas as prescrições de 8.1.1 a 8.1.7.

8.1.1 Sempre que aplicável, a instalação a ser verificada deve ser desenergizada após a manobra de desenergização, todas as partes vivas devem ser ensaiadas quanto à presença de energia mediante dispositivos de detecção compatíveis ao nível de tensão da instalação.

Todo equipamento e/ou instalação desenergizado deve ser aterrado, conforme esquema de aterramento adotado (ver 4.2.3) e proteção contra contato direto e contato indireto (ver 5.1.1 e 5.1.2).

Toda instalação e/ou todo equipamento desenergizado deve ser bloqueado e identificado, conforme esquema de aterramento adotado (ver 4.2.3) e proteção contra contato direto e contato indireto (ver 5.1.1 e 5.1.2).

NOTA Antes de proceder ao aterramento de uma instalação desenergizada, deve-se garantir que não haja carga residual ou cumulativa, efetuando-se primeiro a sua descarga elétrica.

8.1.2 Os dispositivos e as disposições adotados para garantir que as partes vivas fiquem fora do alcance podem ser retirados para uma melhor verificação, devendo ser impreterivelmente restabelecidos ao término da manutenção.

8.1.3 Deve-se garantir a confiabilidade dos instrumentos de medição e do ensaio, calibrando-os conforme orientação do fabricante.

8.1.4 Os acessos de entrada e saída aos locais de manutenção devem ser desobstruídos, sendo obrigatória a inclusão de sinalização adequada que impossibilite a entrada de pessoas não BA4 e BA5, conforme tabela 12.

8.1.5 Qualquer manobra, programada ou de emergência, deve ser efetuada somente com a autorização de pessoa qualificada (BA5), conforme tabela 12.

8.1.6 Qualquer manobra deve ser efetuada por no mínimo duas pessoas, sendo que uma delas deve ser BA5.

8.1.7 É obrigatório o uso de EPC (equipamentos de proteção coletiva) e EPI (equipamentos de proteção individual) apropriados, em todos os serviços de manutenção das instalações elétricas de média tensão.

NOTA Os envolvidos no serviço devem ter conhecimento dos procedimentos que vierem a ser executados.

8.2 Manutenção

8.2.1 Periodicidade

A periodicidade da manutenção deve adequar-se a cada tipo de instalação, considerando-se, entre outras, a sua complexidade e importância, as influências externas e a vida útil dos componentes.

8.2.2 Manutenção preventiva

Manutenção preventiva é aquela efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

8.2.2.1 Cabos e acessórios

Devem ser inspecionados o estado dos cabos e seus respectivos acessórios, assim como os dispositivos de fixação e suporte, observando sinais de aquecimento excessivo, rachaduras, ressecamento, fixação, identificação e limpeza.

8.2.2.2 Conjunto de manobra e controle

Deve ser verificada a estrutura do conjunto de manobra e controle, observando seu estado geral quanto a fixação, danos na estrutura, pintura, corrosão, fechaduras e dobradiças. Deve ser verificado o estado geral dos condutores e dispositivos de aterramento.

No caso de componentes com partes internas móveis, devem ser inspecionados, quando o componente permitir, o estado dos contatos e das câmaras de arco, sinais de aquecimento, limpeza, fixação, ajustes e aferições. Se possível, devem ser realizadas algumas manobras no componente, verificando seu funcionamento.

No caso de componentes fixos, deve ser inspecionado o estado geral, observando sinais de aquecimento, fixação, identificação, ressecamento e limpeza.

8.2.2.3 Equipamentos móveis

As ligações flexíveis que alimentam equipamentos móveis devem ser verificadas conforme 8.2.2.2, bem como a sua adequada articulação.

8.2.2.4 Ensaio geral

Ao término das verificações e ensaios deve ser efetuado um ensaio geral de funcionamento, simulando todas as situações de comando, seccionamento, proteção e sinalização, observando também os ajustes e aferições dos componentes (relés, sensores, temporizadores etc.), bem como a utilização de fusíveis, disjuntores, chaves seccionadoras etc., em conformidade com o projeto.

8.2.3 Manutenção corretiva

8.2.3.1 Manutenção corretiva é aquela que é efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

8.2.3.2 Toda instalação ou parte dela, 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.

8.2.3.3 Toda falha ou anomalia constatada nas instalações, ou componentes ou equipamentos elétricos, ou em seu funcionamento, deve ser comunicada à pessoa qualificada (BA5), para fins de reparação, notadamente quando os dispositivos de proteção contra sobrecorrentes ou contra choques elétricos atuarem sem causa conhecida.

8.3 Operação

8.3.1 Somente é admitida a operação de instalações de média tensão por pessoal qualificado (BA5).

8.3.2 É obrigatório o uso de EPC (equipamentos de proteção coletiva) e EPI (equipamentos de proteção individual) apropriados em todos os serviços de operação das instalações elétricas de média tensão, exceto nos casos de operação remota, onde as medidas de proteção contra contato direto e indireto devem atender à ABNT NBR 5410.

9 Subestações

9.1 Disposições gerais

9.1.1 As subestações podem ser abrigadas ou ao tempo. Quanto à sua posição em relação ao solo, podem ser instaladas na superfície, abaixo da superfície do solo (subterrânea) ou acima da superfície do solo (aérea).

9.1.2 As subestações devem ter características de construção definitiva, ser de materiais incombustíveis e de estabilidade adequada, oferecendo condições de bem-estar e segurança aos operadores, quando estes se fizerem necessários.

9.1.3 As subestações devem ser localizadas de forma a permitir fácil acesso a pessoas, materiais e equipamentos, para operação e manutenção, e possuir adequadas dimensões, ventilação e iluminação natural ou artificial compatível com a sua operação e manutenção.

9.1.4 As subestações podem ou não ser parte integrante de outras edificações, devem atender a requisitos de segurança e ser devidamente protegidas contra danos acidentais decorrentes do meio ambiente.

9.1.5 Nas instalações internas e externas, os afastamentos entre partes vivas devem ser os indicados na tabela 21. Estes afastamentos devem ser tomados entre extremidades mais próximas e não de centro a centro.

9.1.6 O acesso a subestações somente é permitido a pessoas BA4 e BA5, sendo proibido o acesso a pessoas BA1.

9.1.7 Os equipamentos de controle, proteção, manobra e medição, operando em baixa tensão, devem constituir conjunto separado, a fim de permitir fácil acesso, com segurança, a pessoas qualificadas, sem interrupção de circuito de média tensão.

9.1.8 A disposição do equipamento deve oferecer condições adequadas de operação, segurança e facilidade de substituição do todo ou parte.

9.1.9 Devem ser fixadas placas com os dizeres “Perigo de morte” e o respectivo símbolo nos seguintes locais:

- a) externamente, nos locais possíveis de acesso;
- b) internamente, nos locais possíveis de acesso às partes energizadas.

9.1.10 No interior das subestações deve estar disponível, em local acessível, um esquema geral da instalação.

9.1.11 Todos os dizeres das placas e da documentação devem ser em língua portuguesa, sendo permitido o uso de línguas estrangeiras adicionais.

9.1.12 Nas instalações de equipamentos que contenham líquido isolante inflamável com volume superior a 100 L devem ser observadas as seguintes precauções:

- a) construção de barreiras incombustíveis entre os equipamentos ou outros meios adequados para evitar a propagação de incêndio;
- b) construção de dispositivo adequado para drenar ou conter o líquido proveniente de eventual vazamento.

9.2 Subestações abrigadas

9.2.1 Prescrições gerais

9.2.1.1 As subestações abrigadas são aquelas nas quais os seus componentes estão ao abrigo das intempéries.

9.2.1.2 Os corredores de controle e manobra e os locais de acesso devem ter dimensões suficientes para que haja espaço livre mínimo de circulação de 0,70 m, com todas as portas abertas, na pior condição ou equipamentos extraídos em manutenção.

Havendo equipamentos de manobra, deve ser mantido o espaço livre em frente aos volantes e alavancas. Em nenhuma hipótese esse espaço livre pode ser utilizado para outras finalidades.

9.2.1.3 As subestações devem ter iluminação artificial, obedecendo aos níveis de iluminamento fixados pela ABNT NBR 5413, e iluminação natural, sempre que possível. As janelas e vidraças utilizadas para este fim devem ser fixas e protegidas por meio de telas metálicas resistentes, com malhas de 13 mm, no máximo, e de 5 mm, no mínimo, quando sujeitas a possíveis danos. O uso de vidro aramado dispensa a tela de proteção.

As subestações devem ser providas de iluminação de segurança, com autonomia mínima de 2 h.

9.2.1.4 As subestações devem possuir ventilação natural, sempre que possível, ou forçada.

9.2.1.5 No local de funcionamento do equipamento, a diferença entre a temperatura interna, medida a 1 m da fonte de calor a plena carga, e a externa, medida à sombra, não deve ultrapassar 15°C.

9.2.1.6 No local de permanência interna dos operadores, a temperatura ambiente não pode ser superior a 35°C. Em regiões onde a temperatura externa, à sombra, exceder esse limite, a temperatura ambiente no local da permanência pode, no máximo, igualar a temperatura externa. Quando esta condição não puder ser conseguida mantendo os ambientes em conjunto, o local de permanência dos operadores deve ser separado.

9.2.1.7 As aberturas para ventilação natural devem ser convenientes dispostas, de modo a promover circulação do ar.

9.2.1.8 No caso de ventilação forçada, quando o ar aspirado contiver em suspensão poeira ou partículas provenientes da fabricação, as tomadas de ar devem ser providas de filtros adequados.

9.2.1.9 Nas subestações situadas em ambiente de natureza corrosiva, o ar deve ser aspirado do exterior e o local deve ser mantido sob pressão superior à do ambiente de natureza corrosiva. Devem ser previstos dispositivos de alarme ou desligamento automático, no caso de falha deste sistema.

9.2.1.10 A fim de evitar a entrada de chuva, enxurrada e corpos estranhos, as aberturas para ventilação devem ter as seguintes características:

- a) devem se situar no mínimo 20 cm acima do piso exterior;
- b) devem ser construídas em forma de chicana;
- c) devem ser protegidas externamente por tela metálica resistente, com malha de abertura mínima de 5 mm e máxima de 13 mm.

9.2.1.11 Nas entradas subterrâneas, do lado externo, o cabo deve ser protegido por eletroduto metálico, classe pesada, no trecho exposto, até a altura mínima de 3 m acima do nível do solo.

9.2.1.12 Todas as partes vivas acessíveis do lado normal de operação devem ser providas de anteparos suficientemente rígidos e incombustíveis, com proteção contra contatos acidentais.

9.2.1.13 Quando se tratar de cabina metálica, esta deve estar em conformidade com a ABNT NBR IEC 62271-200.

9.2.2 Instalações na superfície e acima da superfície do solo

As subestações devem ser providas de portas metálicas, com dimensões mínimas de 0,80 m x 2,10 m. Todas as portas devem abrir para fora.

9.2.3 Subestações subterrâneas

9.2.3.1 Estas subestações devem ter impermeabilização total contra infiltração de água.

NOTA Nos casos em que a impermeabilização não for viável ou não puder evitar a infiltração de água, deve ser implementado um sistema de drenagem.

9.2.3.2 As subestações devem ser providas no mínimo de uma abertura para serviço ou emergência, com dimensões mínimas de 0,80 m x 2,10 m, quando laterais, e ter dimensões suficientes para permitir a inscrição de círculo de no mínimo 0,60 m, quando localizados no teto.

9.2.3.3 Quanto à proteção contra invasão de águas, admitem-se os seguintes tipos:

- a) de porta estanque;
- b) com desembocadura a céu aberto (localização em encosta, com escoamento natural).

NOTAS

1 No primeiro caso, deve ser prevista entrada de emergência, não sujeita à inundação. No segundo caso, a desembocadura deve ser provida de tela, para evitar a entrada de animais. Não sendo possível a construção de recintos com as características acima, o equipamento e a instalação devem ser à prova d'água (do tipo submersível).

2 As subestações semi-enterradas aplicam-se a essas mesmas disposições, sendo entretanto desnecessário o emprego de porta estanque e equipamento submersível, desde que não estejam sujeitos a inundações.

9.2.3.4 As aberturas de acesso de serviço e emergência devem abrir para fora e apresentar facilidade de abertura pelo lado interno.

9.2.3.5 Devem ser previstos meios adequados para a instalação inicial e eventual substituição/remoção posterior dos componentes individuais.

9.2.3.6 Os acessos podem ser do tipo chaminé, devendo, nesse caso, ter altura suficiente de modo a impedir inundação.

9.2.3.7 Todas as entradas e saídas de condutos devem ser obturadas de maneira a assegurar a estanqueidade da subestação.

9.3 Subestações ao tempo

9.3.1 Disposições gerais

9.3.1.1 As subestações ao tempo são aquelas nas quais os seus componentes estão sujeitos à ação das intempéries.

9.3.1.2 Nas subestações ao tempo, todo equipamento deve ser resistente às intempéries, em conformidade com 4.3.

9.3.2 Subestações instaladas na superfície do solo

9.3.2.1 Estas instalações devem ser providas, à sua volta, de elementos de proteção, a fim de evitar a aproximação de pessoas BA1, BA2, BA3 e de animais.

9.3.2.2 Quando usada tela como proteção externa, esta deve ter malhas de abertura máxima de 50 mm e ser constituída de aço zincado de diâmetro 3 mm, no mínimo, ou material de resistência mecânica equivalente.

9.3.2.3 Devem ser fixadas placas com os dizeres "Perigo de morte" e um símbolo em local bem visível do lado externo; em todas as faces da proteção externa e junto ao acesso.

9.3.2.4 A parte inferior da proteção deve ficar no máximo 10 cm acima da superfície do solo.

9.3.2.5 O sistema de proteção externo, quando metálico, deve ser ligado à terra, satisfazendo, no que couber, as condições prescritas em 5.1.

9.3.2.6 O acesso a pessoal BA4 e BA5 deve ser feito por meio de porta, abrindo para fora, com dimensões mínimas de 0,80 m x 2,10 m. Quando utilizada também para acesso de materiais, a porta deve ter dimensões adequadas. A porta deve ser provida de fecho de segurança externo, permitindo livre abertura do lado interno.

9.3.2.7 A instalação deve ser dotada de sistema adequado de escoamento de águas pluviais.

9.3.2.8 As subestações devem ter iluminação artificial, obedecendo aos níveis de iluminamento fixados pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 e iluminação natural, sempre que possível. As janelas e vidraças utilizadas para este fim devem ser fixas e protegidas por telas metálicas resistentes, com malhas de 13 mm, no máximo, e de 5 mm, no mínimo, quando sujeitas a possíveis danos. O uso de vidro aramado dispensa a tela de proteção.

As subestações devem ser providas de iluminação de segurança, com autonomia mínima de 2 h.

9.3.2.9 Nas instalações de equipamentos que contenham líquido isolante devem ser observadas as prescrições de 5.8.

9.3.3 Subestações instaladas acima da superfície do solo

9.3.3.1 Todas as partes vivas não protegidas em áreas de circulação de pessoal BA1 devem estar situadas no mínimo a 5 m acima da superfície do solo.

Quando não for possível observar a altura mínima de 5 m para as partes vivas, pode ser tolerado o limite de 3,5 m, desde que o local seja provido de um anteparo horizontal em tela metálica ou equivalente, devidamente ligado à terra, com as seguintes características:

- a) afastamento mínimo de 40 cm das partes vivas;
- b) malha de 50 mm de abertura, no máximo;
- c) fios de aço zincado ou material equivalente, de 3 mm de diâmetro, no mínimo.

9.3.3.2 A disposição do equipamento deve prever espaço livre de segurança, que permita o acesso de uma pessoa BA4 ou BA5 para fins de manobras, inspeção ou manutenção, com dimensões tais que seja possível a inscrição de um cilindro reto, de eixo vertical, com diâmetro mínimo de 0,60 m e altura suficiente para permitir o acesso às partes mais elevadas.

9.3.3.3 As estruturas de suporte dos equipamentos devem oferecer condições adequadas de operação, segurança e manutenção.

9.3.3.4 O equipamento pode ser instalado sobre:

- a) postes ou torres de aço, concreto ou madeira adequada, conforme a ABNT NBR 15688;
- b) plataformas elevadas sobre estrutura de concreto, aço ou madeira adequada, conforme a ABNT NBR 15688;
- c) áreas sobre a cobertura de edifícios, inacessíveis a pessoas BA1 ou providas do necessário sistema de proteção externa. Neste equipamento não é permitido o emprego de líquido isolante inflamável.

9.4 Subestação de transformação

9.4.1 As subestações de transformação são instalações destinadas a transformar qualquer das grandezas da energia elétrica, dentro do âmbito desta Norma.

9.4.2 Deve ser dispensada especial atenção aos aparelhos com carcaça sob tensão, os quais devem ter sinalização indicadora de perigo.

9.4.3 Quando a subestação de transformação fizer parte integrante da edificação industrial, somente é permitido o emprego de transformadores a seco. Quando forem utilizados disjuntores com líquidos isolantes não inflamáveis, estes devem ter um volume de líquido por pólo inferior a 1 L.

NOTA Considera-se como parte integrante o recinto não isolado ou desprovido de paredes de alvenaria e portas corta-fogo.

9.4.4 Quando a subestação de transformação fizer parte integrante da edificação residencial e/ou comercial, somente é permitido o emprego de transformadores a seco, mesmo que haja paredes de alvenaria e portas corta-fogo. Quando forem utilizados disjuntores com líquidos isolantes não inflamáveis, estes devem ter um volume de líquido por pólo inferior a 1 L.

9.4.5 No caso de instalação de transformadores em ambientes perigosos, o equipamento deve obedecer às normas específicas.

9.4.6 Quando o dispositivo de manobra que alimenta um equipamento situar-se em uma posição não visível, sob o ponto de vista do operador deste equipamento, deve ser empregada uma chave desligadora junto a esse equipamento. Quando a chave desligadora não tiver capacidade de interrupção para a corrente de carga, esta deve ser intertravada com o dispositivo de manobra.

9.5 Subestação de controle e manobra

9.5.1 As subestações de controle e manobra são instalações destinadas a controlar qualquer das grandezas da energia elétrica, ligar ou desligar circuitos elétricos ou, ainda, prover meios de proteção para esses circuitos.

9.5.2 Deve situar-se na posição mais conveniente para sua operação, podendo localizar-se no mesmo recinto das subestações de medição ou de transformação.

9.5.3 Os instrumentos indicadores e dispositivos de controle e manobra devem ser agrupados de maneira a facilitar as operações. Esse agrupamento deve obedecer ao critério de separação dos diversos circuitos e linhas com devida identificação.

9.5.4 Não é permitido o emprego exclusivo de intertravamento elétrico em aparelhos contíguos, onde possíveis falhas daquele ocasionem danos a pessoas ou coisas.

Quando, no caso de aparelhos não contíguos, o intertravamento mecânico não for possível, a execução do intertravamento elétrico deve ser complementada com outra medida redundante.

Anexo A
(normativo)

Duração máxima da tensão de contato presumida

(L para a situação 1 e Lp para a situação 2)

