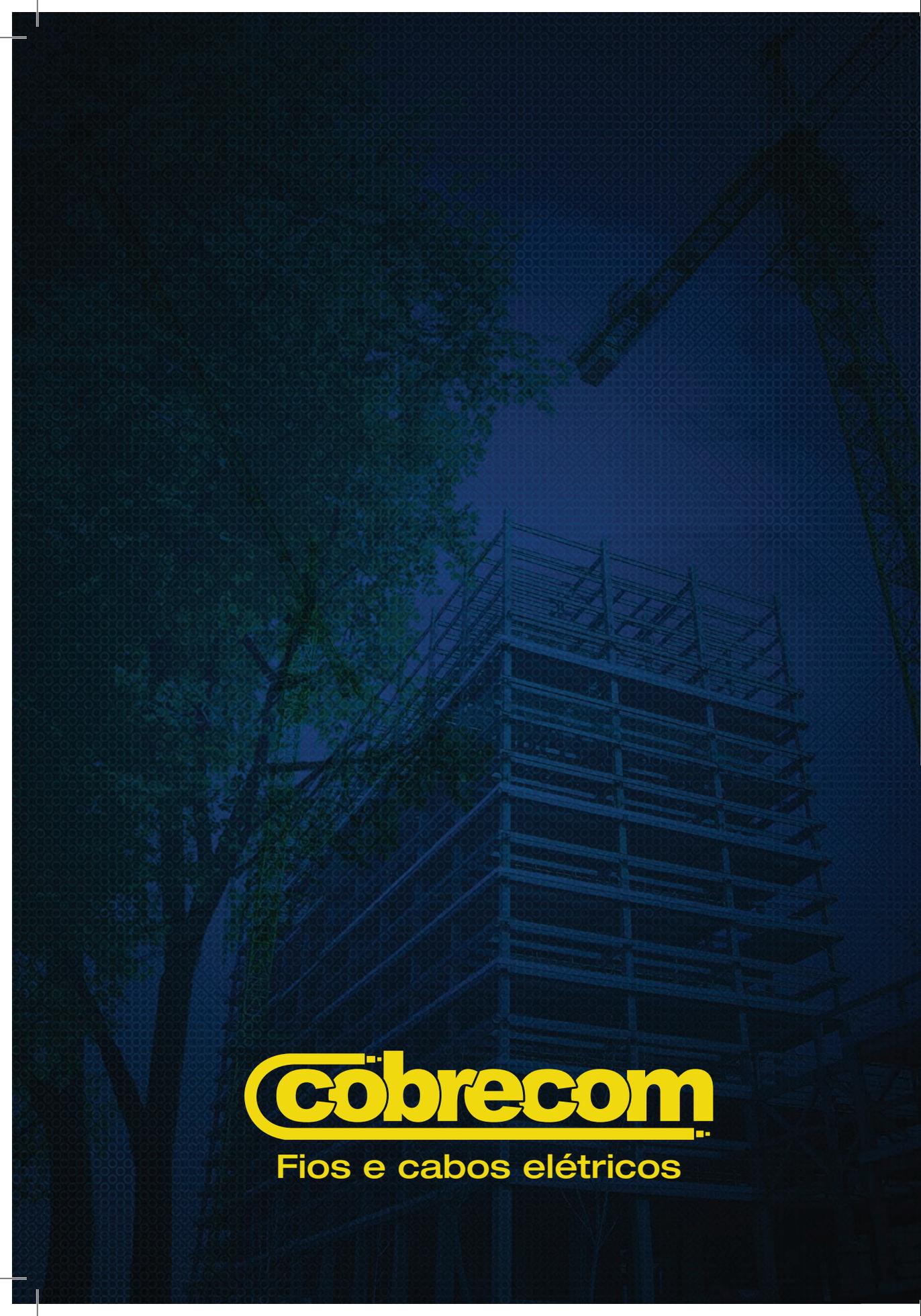




CABOS ELÉTRICOS DE BAIXA TENSÃO

Conforme a NBR 5410
Professor Hilton Moreno

cobrecom
FIOS E CABOS ELÉTRICOS



Cobrecom

Fios e cabos elétricos

Direitos reservados para IFC Cobrecom Fios e Cabos Elétricos

Agência Brasileira do ISBN - ISBN 978-85-69248-00-2

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida por qualquer meio sem prévia autorização por escrito da IFC Cobrecom.

Autor: Hilton Moreno

Revisão ortográfica: Marcos Orsolon e Paulo Martins

Diagramação e ilustrações: Tikao Comunicação

Cobrecom
Fios e cabos elétricos

APRESENTAÇÃO
COBRECOM

A IFC Cobrecom é uma empresa 100% nacional, fundada na década de 90, e conta com uma equipe altamente especializada e treinada para a fabricação e comercialização de fios e cabos elétricos de cobre para fins elétricos em baixa tensão.

A empresa possui presença em todo o território nacional, atendendo a vários segmentos do mercado, como indústrias, escritórios de engenharia, construtoras, lojas de materiais elétricos e para construção, home centers, instaladoras elétricas, fabricantes de eletrodomésticos, montadoras de painéis elétricos, órgãos públicos e concessionárias de energia elétrica.

Nosso portfólio de produtos é composto por fios e cabos elétricos para tensões até 1 kV para instalações elétricas prediais e industriais, além de cabos para alimentação de equipamentos, atendendo todas as normas técnicas exigidas por lei.

Os valores da Cobrecom incluem a transparência e ética com o cliente, funcionários e sociedade, a capacitação e valorização dos colaboradores e parceiros, além da sustentabilidade econômica, financeira e socioambiental.

A Cobrecom tem a tecnologia como prioridade absoluta, e investe cada vez mais em máquinas e mão de obra treinada a fim de garantir mais qualidade nos seus produtos e melhor atendimento aos seus clientes.

A área de Engenharia Industrial possui profissionais atualizados, que acompanham as tendências nacionais e internacionais, projetando e construindo soluções para atender às necessidades da empresa, numa busca constante da melhoria dos resultados em processos.

O investimento em tecnologia e a busca constante por manter um padrão sério e arrojado para satisfazer seus clientes e parceiros resultam em confiabilidade, compromisso, segurança e satisfação.

A publicação deste livro focado em cabos elétricos é uma contribuição da Cobrecom para a formação, atualização e aperfeiçoamento dos profissionais que lidam com as instalações elétricas de baixa tensão e que desejam seguir as prescrições das normas técnicas e regulamentos aplicados no Brasil.

Tenham uma ótima leitura!

Cobrecom Fios e Cabos Elétricos
Itu (SP), Agosto de 2014

APRESENTAÇÃO

Prof. Hilton Moreno

Agradeço imensamente à Cobrecom pela oportunidade e incentivo que me deu para escrever este livro.

Com esta publicação, espero compartilhar com toda a comunidade envolvida direta ou indiretamente com as instalações elétricas não apenas os conhecimentos próprios, mas, sobretudo, os conhecimentos coletivos adquiridos em contato direto com outros profissionais e na literatura nacional e internacional disponível sobre o tema.

O texto apresentado inclui a compilação de trechos de materiais já publicados por mim em artigos, revistas, seminários, internet e outras fontes, além de muitos textos inéditos que complementam as informações.

Este livro é totalmente baseado nos requisitos das várias normas técnicas que envolvem o mundo dos condutores elétricos existentes na época da sua publicação. E ele procura, na medida do possível, disponibilizar a interpretação mais adequada das exigências, acrescentando exemplos práticos, quando cabíveis.

Espero sinceramente que este documento seja muito útil a todos os profissionais da área elétrica que buscam conhecimento e atualização contínua.

Saudações!

Hilton Moreno

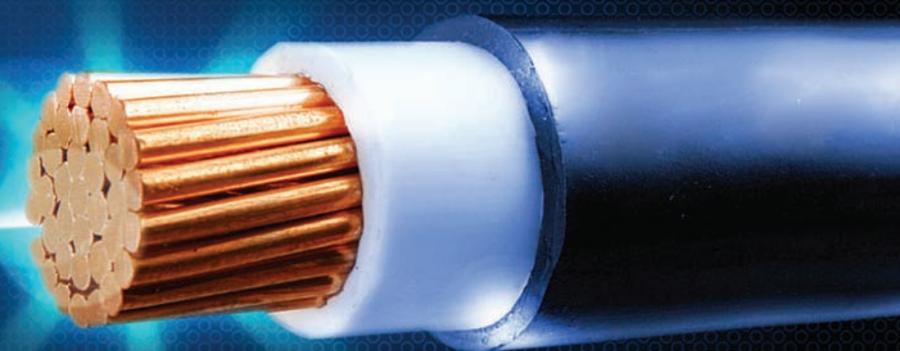


Currículo resumido do Prof. Hilton Moreno

Engenheiro eletricista pela Escola Politécnica da USP; Professor universitário; Membro de Comissões de Estudos da ABNT (NBR 5410; NBR 14039; NBR 15920, etc.); Autor de livros, manuais e artigos; Palestrante profissional em cursos, eventos, congressos, seminários nacionais e internacionais; Consultor técnico de empresas da área elétrica, dentre as quais a Cobrecom; Diretor técnico do Portal HMNews e da Hilton Moreno Consulting.

| | |
|---|----|
| 1 Termos e definições | 10 |
| 2 Linhas elétricas | 14 |
| 2.1 Tipos de cabos elétricos e condutos | 15 |
| 2.2 Bandejas x Eletrocalhas | 18 |
| 2.3 Identificação de fios e cabos de baixa tensão | 21 |
| 3 Cabos elétricos de baixa tensão | 24 |
| 3.1 Construção | 25 |
| 3.2 Tensão nominal dos cabos de baixa tensão | 28 |
| 3.3 Normas técnicas dos cabos de baixa tensão | 28 |
| 3.4 Condutores de cobre ou alumínio | 29 |
| 4 Escolha das linhas elétricas de acordo com as influências externas | 34 |
| 4.1 Geral | 35 |
| 4.2 As linhas elétricas em locais de afluência de público conforme a NBR 5410 e a NBR 13570 | 37 |
| 5 Instalação de cabos elétricos de baixa tensão | 47 |
| 5.1 Travessias de paredes | 48 |
| 5.2 Linhas elétricas x Linhas não elétricas | 48 |
| 5.3 Linhas elétricas em dutos de exaustão | 49 |
| 5.4 Instalação de cabos de energia e de sinal | 50 |
| 5.5 Barreiras corta-fogo | 52 |
| 5.6 Propagação de incêndios em espaços de construção e galerias | 54 |
| 5.7 Disposição dos condutores | 55 |
| 5.8 Instalação em eletrodutos | 58 |
| 5.9 Caixas de derivação e de passagem | 61 |
| 5.10 Instalação em bandejas | 62 |
| 5.11 Instalação em canaletas e perfilados | 64 |
| 5.12 Instalação em linhas enterradas | 65 |

| | |
|--|-----|
| 5.13 Instalação em linhas aéreas externas | 66 |
| 5.14 Cabos para ligação de equipamentos | 67 |
| 6 Dimensionamento de condutores conforme a NBR 5410 | 69 |
| 6.1 Condutores de fase | 70 |
| 6.2 Dimensionamento do condutor neutro | 105 |
| 7 Dimensionamento econômico e ambiental de condutores elétricos | 109 |
| 7.1 Introdução | 110 |
| 7.2 Dimensionamento econômico de condutores elétricos conforme a norma ABNT NBR 15902 | 111 |
| 7.3 Dimensionamento ambiental de condutores elétricos | 114 |
| 8 Dimensionamento de condutores do sistema de aterramento e equipotencialização | 121 |
| 8.1 Características gerais | 122 |
| 8.2 Dimensionamento dos componentes que compõem os sistemas de aterramento e equipotencialização | 122 |
| Anexo A: Tabelas da NBR 5410 | 134 |
| Anexo B: Informações para cálculos de queda de tensão, sobrecarga e curto-circuito | 149 |
| Anexo C: Produtos Cobrecom | 158 |
| Anexo D: Aplicações típicas de Cabos Cobrecom | 181 |



A terminologia para as linhas elétricas indicada a seguir tem como base a norma *NBR IEC 60050 (826):1997 - Vocabulário eletrotécnico brasileiro - capítulo 826: Instalações elétricas em edificações*¹, sendo complementada por termos que estão contidos na própria norma ABNT NBR 5410.

- **Armação de um cabo:** é o elemento metálico que protege o cabo contra esforços mecânicos.
- **Bandeja:** suporte de cabos constituído por uma base contínua, com rebordos e sem cobertura, podendo ser perfurada ou não (lisa).
- **Bloco alveolado:** bloco de construção com um ou mais furos que, por justaposição, formam um ou mais condutos.
- **Cabo multipolar:** é constituído por dois ou mais cabos isolados e dotado, no mínimo, de cobertura.
- **Cabo unipolar:** é um cabo isolado dotado de cobertura.
- **Cabo:** é o conjunto de fios encordoados, isolados ou não entre si, podendo o conjunto ser isolado ou não.
- **Caixa de derivação:** é uma caixa utilizada para passagem e/ou ligações de condutores entre si e/ou dispositivos nela instalados. Espelho é a peça que serve de tampa para uma caixa de derivação ou de suporte e remate para dispositivos de acesso externo.
- **Canaleta:** elemento de linha elétrica instalado ou construído no solo ou no piso, ou acima do solo ou do piso, aberto, ventilado ou fechado, com dimensões insuficientes para a entrada de pessoas, mas que permitem o acesso aos condutores ou eletrodutos nele instalados, em toda a sua extensão, durante e após a instalação. Uma canaleta pode ser parte, ou não, da construção da edificação.
- **Cobertura de um fio ou cabo:** é um invólucro externo não metálico e contínuo, sem função de isolamento, destinado a proteger o fio ou cabo contra influências externas.
- **Condutele:** é uma caixa de derivação para linhas aparentes, dotada de tampa própria.
- **Conduto Elétrico:** elemento de linha elétrica destinado a conter condutores elétricos.
- **Condutor Elétrico:** é o produto metálico, geralmente de forma cilíndrica e de comprimento muito maior que a sua maior dimensão transversal, utilizado para transportar energia elétrica ou transmitir sinais elétricos.
- **Condutor Isolado:** é o fio ou cabo dotado apenas de isolamento, sendo que essa pode ser constituída por uma ou mais camadas.
- **Eletrocalha:** elemento de linha elétrica fechada e aparente, constituído por uma base com cobertura desmontável, destinado a envolver por completo condutores elétricos providos de isolamento, permitindo também a acomodação de certos equipamentos elétricos. As calhas podem ser metálicas (aço, alumínio) ou isolantes (plástico); as paredes podem ser lisas ou perfuradas e a tampa simplesmente encaixada ou fixada com auxílio de ferramenta.



¹ Embora esta norma tenha sido cancelada pela ABNT, sem substituição, após a publicação da NBR 5410, seus termos são de uso corrente e necessários para a correta leitura da norma de instalações elétricas.

- **Eletroduto:** elemento de linha elétrica fechada, de seção circular ou não, destinado a conter condutores elétricos providos de isolamento, permitindo tanto a enfição como a retirada destes. Na prática, o termo se refere tanto ao elemento (tubo), como ao conduto formado por diversos tubos. Os eletrodutos podem ser metálicos (aço, alumínio) ou de material isolante (PVC, polietileno, fibrocimento, etc). São usados em linhas elétricas embutidas, subterrâneas ou aparentes.

- **Escada ou leito para cabos:** suporte de cabos constituído por uma base descontínua, formada por travessas ligadas rigidamente a duas longarinas longitudinais, sem cobertura.

- **Espaço de construção:** espaço existente na estrutura ou nos componentes de uma edificação, acessível apenas em determinados pontos.

- **Fio:** é um produto metálico, maciço e flexível, de seção transversal invariável e de comprimento muito maior que a sua seção transversal. Os fios, geralmente de forma cilíndrica, podem ser usados diretamente como condutores elétricos (com ou sem isolamento) ou para a fabricação de 'condutores encordoados'.

- **Galeria:** corredor cujas dimensões permitem que pessoas transitem livremente por ele em toda a sua extensão, contendo estruturas de suporte para os condutores e suas junções e/ou outros elementos de linhas elétricas.

- **Linha (elétrica):** conjunto constituído por um ou mais condutores, com os elementos de sua fixação e suporte e, se for o caso, de proteção mecânica, destinado a transportar energia elétrica ou a transmitir sinais elétricos.

- **Linha aberta:** linha em que os condutores são circundados por ar ambiente não confinado.

- **Linha aérea:** linha (aberta) em que os condutores ficam elevados em relação ao solo e afastados de outras superfícies que não os respectivos suportes.

- **Linha aparente:** linha em que os condutos ou os condutores não estão embutidos.

- **Linha em parede ou no teto:** linha aparente em que os condutores ficam na superfície de uma parede ou de um teto, ou em sua proximidade imediata, dentro ou fora de um conduto; considera-se que a distância entre o conduto ou o cabo e a parede ou teto seja inferior a 0,3 vezes o diâmetro externo ou a maior dimensão externa do conduto ou cabo, conforme o caso.

- **Linha embutida:** linha em que os condutos ou os condutores estão localizados nas paredes ou na estrutura do prédio da edificação, e acessíveis apenas em pontos determinados.

- **Linha subterrânea:** linha construída com cabos isolados, enterrados diretamente no solo ou instalados em condutos subterrâneos enterrados no solo.

- **Moldura:** conduto aparente, fixado ao longo de superfícies, compreendendo uma base fixa, com ranhuras para a colocação de condutores e uma tampa desmontável. Quando fixada junto ao ângulo parede/piso, a moldura é também denominada "rodapé".

- **Perfilado:** eletrocalha ou bandeja de dimensões transversais reduzidas. Um dos tipos mais comuns de perfilados tem a dimensão de 38 x 38 mm.

- **Poço:** espaço de construção vertical, estendendo-se geralmente por todos os pavimentos da edificação.

- **Prateleira para cabos:** suporte contínuo para condutores, engastado ou fixado em uma parede ou teto por um de seus lados, e com uma borda livre.

- **Suportes horizontais para cabos:** suportes individuais espaçados entre si, nos quais é fixado mecanicamente um cabo ou um eletroduto.

2

LINHAS
ELÉTRICAS**2.1 Tipos de cabos elétricos e condutos**

A NBR 5410 traz uma série de prescrições relativas às instalações de baixa tensão, que incluem os tipos de linhas elétricas admitidas, as características dos cabos de baixa tensão e seus acessórios, a escolha das linhas elétricas de acordo com as influências externas, aspectos de conexões elétricas e diversas considerações sobre as instalações propriamente ditas dos cabos.

Os tipos de linhas elétricas admitidos pela NBR 5410 estão indicados na Tabela 33 da norma.

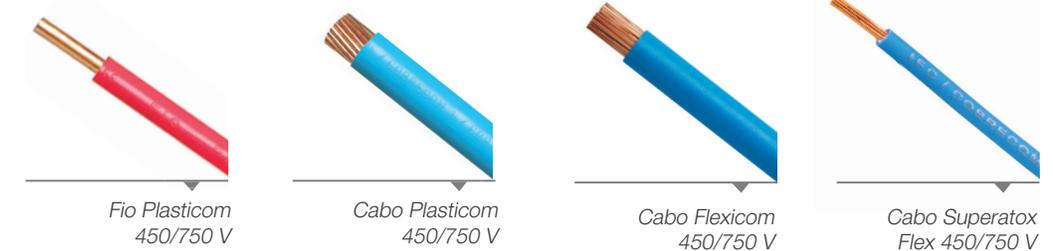
Os cabos elétricos são divididos em três famílias, conforme Figura 1: condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares.

Os condutos são divididos em duas famílias, conforme Figura 2: condutos abertos e condutos fechados.

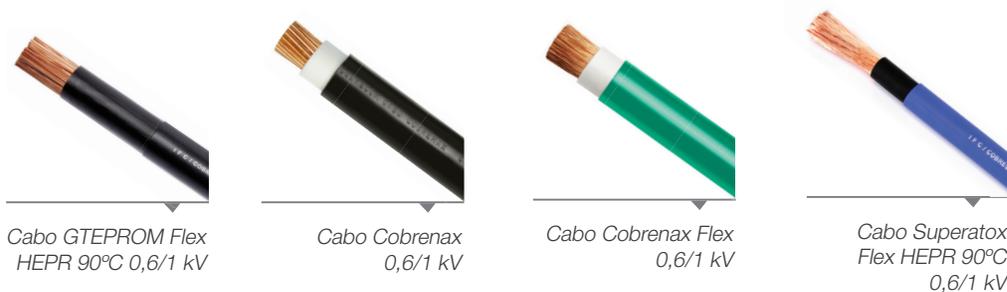
O resumo da Tabela 33 da NBR 5410 é que os condutores isolados (providos unicamente de isolamento) devem ser instalados unicamente dentro de condutos fechados, ao passo que cabos unipolares e multipolares (que possuem cobertura) podem ser utilizados em condutos abertos, condutos fechados, diretamente fixados, etc (ver Figura 3).

A lógica desta regra é que a cobertura dos cabos unipolares e multipolares oferece proteção adequada da isolamento contra as influências externas normais (sobretudo sob o ponto de vista mecânico), enquanto que, nos condutores isolados, não há nenhum tipo de proteção para a isolamento. Neste caso, após a instalação, a isolamento deverá ser protegida pelos condutos fechados (é como se o conduto fechado, no caso do condutor isolado, fizesse o papel da cobertura nos cabos unipolares e multipolares). A única exceção a essa regra acontece em certos casos muito específicos, com canaletas e perfilados sem tampa (condutos abertos), que são tratados mais adiante.

Figura 1: Tipos de cabos elétricos

Condutores isolados

Cabos unipolares

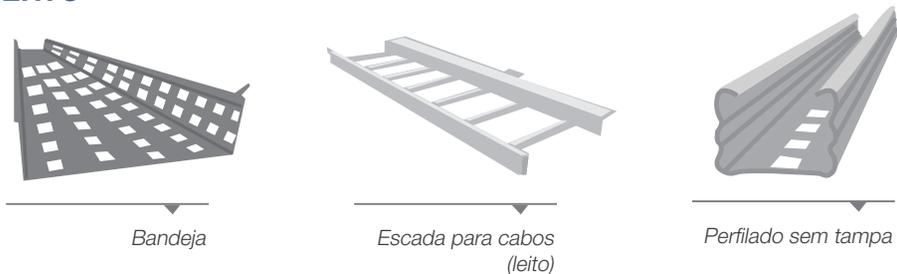


Cabos multipolares



Figura 2: Tipos de condutos

ABERTO



FECHADO

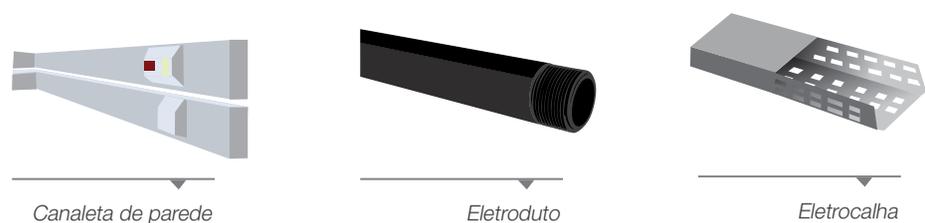


Figura 3: Tipos de condutos x Tipos de cabos elétricos

Instalação de cabos em condutos abertos



Instalação de cabos em condutos fechados

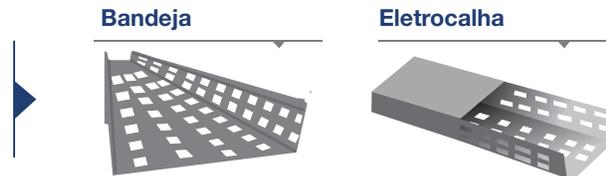


2.2 - Bandejas x Eletrocalhas

Eletrocalha é um suporte de cabos constituído por uma base contínua com tampa desmontável, podendo ser perfurada ou lisa.

Bandeja é um suporte de cabos constituído por uma base contínua e sem tampa, podendo ser perfurada ou lisa. Pode também ser chamada de eletrocalha sem tampa.

Figura 4: A diferença entre eletrocalha e bandeja é a presença ou não da tampa



A partir destas definições, fica claro que a diferença construtiva básica entre bandeja e eletrocalha é a presença da tampa desmontável na eletrocalha (ver Figura 4). Esta tampa faz com que a eletrocalha seja considerada um conduto fechado, enquanto a sua ausência torna a bandeja um conduto aberto.

A partir desse conceito, em *eletrocalhas* podem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares, enquanto que, nas *bandejas*, somente são permitidos cabos unipolares e cabos multipolares.

Outra diferença que a presença ou não da tampa provoca entre bandejas e eletrocalhas está relacionada à capacidade de condução de corrente dos condutores instalados nestes condutos.

Conforme a Tabela 33, na coluna “Método de referência”, diferentes “letras” (que correspondem a colunas de capacidades de corrente nas Tabelas 36 a 39) são atribuídas aos casos que envolvem bandejas e eletrocalhas. Assim, por exemplo, o método de instalação 13 da Tabela 33 indica os métodos de referência E e F para cabos multipolares e unipolares instalados em bandeja, respectivamente (ver Figura 5).

E os métodos de instalação 31 e 32 indicam os métodos de referência B2 e B1 para cabos multipolares e unipolares instalados em eletrocalha, respectivamente (ver Figura 6).

Consultando as Tabelas 36 a 39, observa-se que as capacidades de condução de corrente para os métodos B1 e B2 são sempre menores (em torno de 15%) do que para os métodos E e F, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1: Comparação entre capacidade de condução de corrente em bandejas e eletrocalhas

| Seção nominal (mm ²) | Capacidade de corrente em bandeja 3 condutores carregados | Capacidade de corrente em eletrocalha 3 condutores carregados | Corrente eletrocalha/ Corrente em bandeja |
|----------------------------------|---|---|---|
| 2,5 | 24 | 21 | 88% |
| 4 | 33 | 28 | 85% |
| 6 | 43 | 36 | 84% |
| 10 | 60 | 50 | 83% |
| 16 | 82 | 68 | 83% |
| 25 | 110 | 89 | 81% |
| | | | Média 84% |

Figura 5: Tabelas 33 e 38 da NBR 5410 para bandeja (eletrocalha com tampa)

Tabela 33

13 Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical⁽¹⁾

E (multipolar)
F (unipolares)

Tabela 38

Métodos de Referência indicados na Tabela 33

| Seções Nominais dos condutores mm ² | Cabos Multipolares | | Cabos Unipolares | | | | Espaçados | |
|--|----------------------------|----------------------------|--|---------------------------------------|-------------|--|-----------|--|
| | Dois condutores carregados | Três condutores carregados | Dois condutores carregados justapostos | Três condutores carregados em trífilo | Justapostos | Três condutores carregados, no mesmo plano | | |
| | | | | | | Horizontal | Vertical | |
| | Método E | Método E | Método F | Método F | Método F | Método G | Método G | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | |
| | Cobre | | | | | | | |
| 0,5 | 11 | 9 | 11 | 8 | 9 | 12 | 10 | |
| 0,75 | 14 | 12 | 14 | 11 | 11 | 16 | 13 | |
| 1 | 17 | 14 | 17 | 13 | 14 | 19 | 16 | |
| 1,5 | 22 | 18,5 | 22 | 17 | 18 | 24 | 21 | |
| 2,5 | 30 | 25 | 30 | 24 | 25 | 34 | 29 | |
| 4 | 40 | 34 | 40 | 33 | 34 | 45 | 39 | |
| 6 | 51 | 43 | 51 | 43 | 45 | 59 | 51 | |
| 10 | 70 | 60 | 70 | 60 | 63 | 81 | 71 | |
| 16 | 94 | 80 | 94 | 82 | 85 | 110 | 97 | |
| 25 | 119 | 101 | 119 | 110 | 114 | 149 | 130 | |
| 35 | 148 | 126 | 148 | 137 | 143 | 181 | 162 | |
| 50 | 180 | 153 | 180 | 167 | 174 | 219 | 197 | |
| 70 | 232 | 196 | 232 | 216 | 225 | 281 | 254 | |

Figura 6: Tabelas 33 e 36 da NBR 5410 para eletrocalha (sem tampa)

Tabela 33

| | | | |
|------------------------------------|--|--|----|
| 31 32 | | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical | B1 |
| 31 ^a 32 ^a | | Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical | B2 |

Tabela 36

| Seções nominais mm ² | Métodos de Referência indicados na Tabela 33 | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| | A1 | | A2 | | B1 | | B2 | | C | | D | |
| | Número de condutores carregados | | | | | | | | | | | |
| (1) | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) |
| Cobre | | | | | | | | | | | | |
| 0,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 8 | 9 | 8 | 10 | 9 | 12 | 10 |
| 0,75 | 9 | 9 | 9 | 9 | 11 | 10 | 11 | 10 | 13 | 11 | 15 | 12 |
| 1 | 11 | 10 | 11 | 10 | 14 | 12 | 13 | 12 | 15 | 14 | 18 | 15 |
| 1,5 | 14,5 | 13,5 | 14 | 13 | 17,5 | 15,5 | 16,5 | 15 | 19,5 | 17,5 | 22 | 18 |
| 2,5 | 19,5 | 18,5 | 18,5 | 17,5 | 24 | 21 | 23 | 20 | 27 | 24 | 29 | 24 |
| 4 | 26 | 24 | 25 | 23 | 32 | 28 | 30 | 27 | 36 | 32 | 38 | 31 |
| 6 | 34 | 31 | 32 | 29 | 41 | 36 | 38 | 34 | 46 | 41 | 47 | 39 |
| 10 | 46 | 42 | 43 | 39 | 57 | 50 | 52 | 46 | 63 | 57 | 63 | 52 |
| 16 | 61 | 56 | 57 | 52 | 76 | 68 | 69 | 62 | 85 | 76 | 81 | 67 |
| 25 | 80 | 73 | 75 | 68 | 101 | 89 | 90 | 80 | 112 | 96 | 104 | 86 |
| 35 | 99 | 99 | 92 | 83 | 125 | 110 | 111 | 99 | 138 | 119 | 125 | 103 |
| 50 | 119 | 108 | 110 | 99 | 159 | 134 | 133 | 118 | 168 | 144 | 148 | 122 |

Ainda sobre a capacidade de corrente, na Tabela 33, método de instalação 13 relativo ao emprego de bandejas perfuradas, existe na NBR 5410 uma referência à Nota 4, que prescreve que a capacidade de condução de corrente para bandeja perfurada foi determinada considerando-se que os furos ocupassem no mínimo 30% da área da bandeja. Se os furos ocuparem menos do que 30% da área da bandeja, ela deve então ser considerada como 'não perfurada'.

Em primeiro lugar é importante esclarecer que esta Nota é aplicada *unicamente* ao caso de bandejas perfuradas (sem tampas) e *não se aplica* a eletrocalhas perfuradas (com tampas). A propósito, não existe na Tabela 33 e, conseqüentemente, nas Tabelas 36 a 39 nenhuma diferenciação entre eletrocalhas perfuradas e não perfuradas (lisas). Ou seja, a capacidade de condução de corrente em ambos os casos é considerada a mesma e a escolha entre um tipo ou outro de eletrocalha deve ser feita com base em outros fatores (peso, preço, montagem, etc.) que não

aquele relativo à seção dos condutores no interior da eletrocalha. É conveniente prestar atenção na escolha de eletrocalhas perfuradas nas situações em que a emissão de fumaça e gases dos cabos em seu interior for um fator importante, particularmente nas situações de influências externas BD2, BD3 e BD4 definidas na Tabela 21 da NBR 5410 e em todos os locais de afluência de público indicados na norma NBR 13570.

Em segundo lugar, para o correto atendimento da prescrição contida na Nota 4 mencionada é fundamental conhecer o percentual de ocupação dos furos da bandeja que se pretende utilizar numa dada situação.

Considerar a bandeja perfurada ou não perfurada (lisa) num dimensionamento significa utilizar, respectivamente, os métodos de instalação números 13 ou 12 da Tabela 33, que indicam os métodos de referência E/F e C das Tabelas 36 a 39.

Nestes casos, as capacidades de condução de corrente para as mesmas seções nominais são menores no método C do que nos E/F, levando, em alguns casos, ao emprego de condutores de maior seção para uma mesma corrente de projeto.

2.3 Identificação de fios e cabos de baixa tensão

A NBR 5410 tem requisitos claros a respeito da maneira adequada para identificar os componentes em geral e os condutores elétricos em particular.

É importante destacar, logo de início, *que a norma não obriga a identificação dos fios e cabos elétricos por cores*, mas, no caso de existir a opção por cores, então a norma é taxativa em quais cores devem ser utilizadas.

Em uma instalação onde houve a opção de não usar a identificação dos condutores por cores, todos os fios e cabos poderiam ser verdes, ou todos poderiam ser azuis, ou todos poderiam ser pretos, e assim por diante.

Em alternativa às cores, podem ser utilizadas gravações numéricas aplicadas na isolamento do cabo ou também podem ser empregados sistemas externos de identificação, tais como anilhas, adesivos, marcadores, etc.

2.3.1 Cores da isolamento em condutores isolados e veias de cabos multipolares

As cores indicadas pela norma para cada função do condutor são as seguintes (ver Figura 7):

Condutor neutro

Conforme 6.1.5.3.1 deve ser usada a cor azul-clara na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar. No entanto, apenas nos casos de cabos multipolares a veia com isolação azul-clara pode ser usada para outras funções, que não a de condutor neutro, se o circuito não possuir condutor neutro.

Condutor de proteção (PE)

Conforme 6.1.5.3.2 deve ser usada a dupla coloração verde-amarela ou a cor verde (cores exclusivas da função de proteção) na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar. Não se admite utilizar, sob nenhuma hipótese, as cores verde-amarela e verde para outra função que não a de proteção.

Condutor PEN

Conforme 6.1.5.3.3 deve ser usada a cor azul-clara, com anilhas verde-amarelas nos pontos visíveis ou acessíveis, na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar. Tais situações são encontradas, por exemplo, no interior dos quadros e das caixas de passagem.

Condutores de fase

Conforme 6.1.5.3.4 pode ser usada qualquer cor, desde que não aquelas mencionadas anteriormente. A norma ressalta que não deve ser usada a cor de isolação exclusivamente amarela nos condutores de fase onde existir o risco de confusão com a dupla coloração verde-amarela, que são cores exclusivas do condutor de proteção.

Figura 7: Cores padronizadas para condutores de baixa tensão



2.3.2 Cores das coberturas dos cabos de baixa tensão unipolares ou multipolares

No caso de identificação por cores, as coberturas dos cabos unipolares devem ser na cor azul-clara para o condutor neutro e para o condutor PEN, na cor verde ou verde-amarela para o condutor PE e de qualquer outra cor (que não as anteriores) para os condutores de fase.

Para os cabos multipolares, a cobertura pode ser de qualquer cor, uma vez que as prescrições referem-se apenas às veias no interior do cabo (ver 2.4.1). Uma recomendação sensata, no entanto, é não utilizar coberturas de cabos multipolares nas cores azul-clara, verde ou verde-amarela, para que não haja confusão com as funções de neutro e proteção. No mercado brasileiro, as cores preta e cinza são as mais comuns para os cabos multipolares.

3

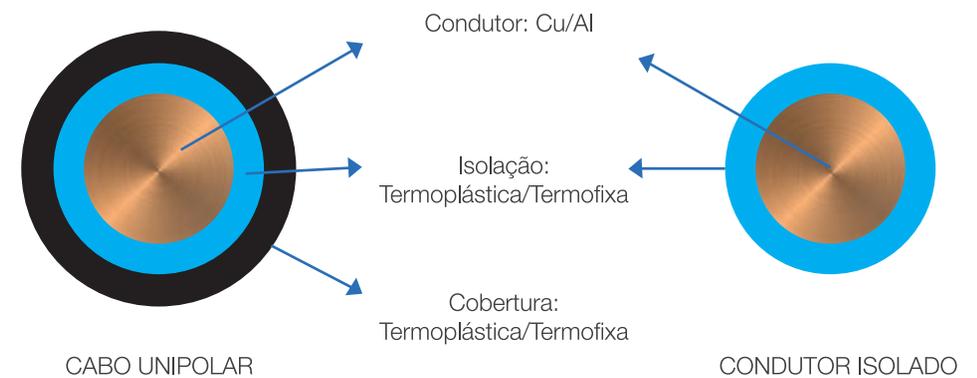
CABOS ELÉTRICOS DE BAIXA TENSÃO

3. CABOS ELÉTRICOS DE BAIXA TENSÃO

3.1 - Construção

A construção típica de condutores elétricos de baixa tensão é aquela mostrada na Figura 8.

Figura 8: Construção típica de condutores de baixa tensão



Condutor

O cobre e o alumínio são os dois metais mais utilizados na fabricação de condutores elétricos, tendo em vista suas propriedades elétricas e mecânicas, bem como seu custo. Ao longo dos anos, o cobre tem sido o mais usado em condutores providos de isolamento, enquanto que o alumínio é mais empregado em condutores nus para redes aéreas.

Segundo as normas técnicas de condutores elétricos, o cobre utilizado deve ter pureza de cerca de 99,99%, enquanto que a pureza do alumínio fica em torno de 99,5%.

Isolação

As isolações de todos os cabos de baixa tensão são constituídas por materiais sólidos termoplásticos (cloreto de polivinila e polietileno) ou termofixos (borracha etileno-propileno e polietileno reticulado), além de compostos especiais, tais como aqueles materiais não halogenados.

Entre as características comuns a todos os materiais isolantes sólidos estão:

- Homogeneidade da isolação e boa resistência ao envelhecimento em serviço;
- Ausência de escoamento;
- Insensibilidade às vibrações;
- Bom comportamento ao fogo.

A seguir são apresentadas as características específicas de cada um dos materiais isolantes sólidos mencionados.

- Cloreto de polivinila (PVC): sua rigidez dielétrica é elevada, porém menor do que a de outros isolantes; suas perdas dielétricas são elevadas, principalmente acima de 20 kV; sua resistência aos agentes químicos em geral é muito boa; tem boa resistência à água; não propaga a chama, mas sua combustão emite grande quantidade de fumaça, gases corrosivos e tóxicos.

- Borracha etileno-propileno (EPR): excelente rigidez dielétrica; sua flexibilidade é muito grande, mesmo a temperaturas baixas; apresenta uma resistência excepcional às descargas e radiações ionizantes, mesmo à quente; suas perdas (no dielétrico) são baixas nas misturas destinadas aos cabos de média tensão; possui uma resistência à deformação térmica que permite temperaturas de 250°C, durante os curtos-circuitos; possui boa característica no que diz respeito ao envelhecimento térmico, o que permite conservar densidades de corrente aceitáveis quando os cabos funcionam em temperatura ambiente elevada; apresenta baixa dispersão da rigidez dielétrica e é praticamente isento do *treeing* (fenômeno de formação de arborescências no material, provocando descargas parciais localizadas e sua consequente deterioração).

- Polietileno reticulado (XLPE): excelente rigidez dielétrica; apresenta uma resistência à deformação térmica bastante satisfatória em temperaturas de até 250°C; a reticulação do polietileno permite a incorporação de cargas minerais e orgânicas utilizadas para melhorar o comportamento mecânico, a resistência às intempéries e, sobretudo, o comportamento ao fogo; apresenta dispersão relativamente alta da rigidez dielétrica, bem como o fenômeno do *treeing* com alguma frequência (mas isso pode ser contornado com misturas especiais de XLPE).

- Compostos não halogenados: excelente rigidez dielétrica; possui uma resistência à deformação térmica que permite temperaturas de 160°C ou 250°C, durante os curtos-circuitos; apresenta baixa dispersão da rigidez; não propaga a chama e sua combustão emite reduzida quantidade de fumaça de baixa densidade (transparente), sem emissão de gases corrosivos e tóxicos.

Cobertura

Os cabos unipolares e multipolares de baixa tensão são protegidos com uma cobertura de PVC, polietileno, neoprene, polietileno clorossulfonado, material não halogenado (com baixa emissão de fumaça, gases tóxicos e corrosivos), dentre outros materiais.

A escolha do tipo de material da cobertura depende das influências externas a que o cabo estará submetido, principalmente no que se refere à presença de água (AD), substâncias corrosivas (AF), solicitações mecânicas (AG), presença de fauna (roedores, cupins – AL), radiação solar (NA) e condição de fuga das pessoas em emergência (BD).

O PVC é o material de cobertura mais usual e com resistência suficiente para o uso corrente na maioria das aplicações, porém emite uma quantidade apreciável de fumaça, gases tóxicos e corrosivos quando queima.

O polietileno (pigmentado com negro de fumo para torná-lo resistente à luz solar) é frequentemente utilizado nas instalações em ambientes com alto teor de ácidos, bases ou solventes orgânicos, assim como em instalações sujeitas às intempéries.

Nas aplicações onde são necessárias as características de baixa emissão de fumaça, gases tóxicos e corrosivos, são utilizados os materiais não halogenados na cobertura dos cabos de média tensão.

Armação

Em algumas situações, dependendo das influências externas (particularmente para proteção mecânica), pode ser necessário incluir no cabo de baixa tensão uma proteção metálica adicional com função de armação.

As armações mais usuais são compostas por fitas planas de aço, aplicadas helicoidalmente; ou fitas de aço ou alumínio, aplicadas transversalmente, corrugadas e intertravadas (*interlocked*).

As armações com fios de aço são recomendadas quando se deseja atribuir ao cabo resistência aos esforços de tração.

3.2 Tensão nominal dos cabos de baixa tensão

A tensão de isolamento nominal de um cabo é uma característica relacionada com o material isolante, com a espessura da isolação e com as características de funcionamento do sistema (instalação) em que o cabo vai atuar. É indicada por dois valores de tensão separados por uma barra, designados por U_0/U , onde U_0 refere-se à tensão fase-terra e U à tensão fase-fase, em volts.

Os valores normalizados de tensão de isolamento nominal na baixa tensão são: 300/300 V; 300/500 V; 450/750 V; 0,6/1 kV.

3.3 Normas técnicas dos cabos de baixa tensão

Conforme artigos 6.2.3.2 a 6.2.3.5 da NBR 5410, as normas técnicas dos condutores elétricos admitidos nas instalações elétricas fixas estão indicadas nas Figuras 9 a 12 a seguir:

Figura 9: Cabos unipolares e multipolares com isolação de (H)EPR conforme NBR 7286

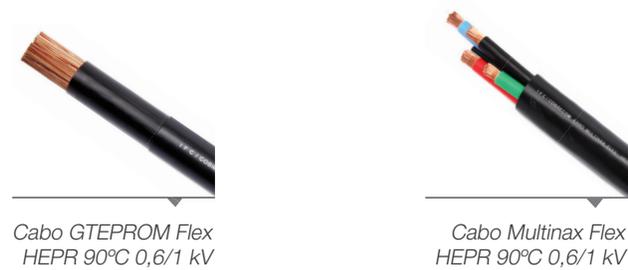


Figura 10: Cabos unipolares e multipolares com isolação de PVC conforme NBR 7288



Figura 11: Condutores isolados com isolação de PVC conforme NBR NM 247-3



Figura 12: Condutores isolados, cabos unipolares ou multipolares não propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos conforme NBR 13248



3.4 - Condutores de cobre ou alumínio

3.4.1 - Aspectos técnicos

As três principais diferenças técnicas entre o cobre e o alumínio no que diz respeito à fabricação de condutores elétricos são: condutividade elétrica, peso e conexões.

Condutividade elétrica

A grandeza que expressa a capacidade que um material tem de conduzir a corrente elétrica é chamada de condutividade elétrica. Ao contrário, o número que indica a propriedade que os materiais possuem de dificultar a passagem da corrente é chamado de resistividade elétrica.

Segundo a norma “International Annealed Copper Standard” (IACS), adotada em praticamente todos os países, é fixada em 100% a condutividade de um fio de cobre de 1 metro de comprimento com 1 mm² de seção e cuja resistividade a 20°C seja de 0,01724 Ω.mm²/m (a resistividade e a condutividade variam com a temperatura ambiente). Dessa forma, esse é o padrão de condutividade adotado, o que significa que todos os demais condutores, sejam em cobre, alumínio ou outro metal qualquer, têm suas condutividades sempre referidas a aquele condutor. A Tabela 2 ilustra essa relação entre condutividades.

Tabela 2 – Condutividades elétricas relativas do cobre e alumínio

| Material | Condutividade relativa IACS (%) |
|-----------------|---------------------------------|
| Cobre Mole | 100,0 |
| Cobre Meio Duro | 97,7 |
| Cobre Duro | 97,2 |
| Alumínio | 60,6 |

A Tabela 2 pode ser entendida da seguinte forma: o alumínio, por exemplo, conduz 39,4% (100 - 60,6) menos corrente elétrica que o cobre mole. Na prática, isso significa que, para conduzir a mesma corrente, um condutor em alumínio precisa ter uma seção aproximadamente 60% maior que a de um fio de cobre mole. Por exemplo, um condutor de 10 mm² de cobre tem seu equivalente em alumínio com seção de aproximadamente $10 \times 1,6 = 16$ mm².

Essa equivalência é aproximada porque a relação entre as seções não é apenas geométrica e também depende de alguns fatores que consideram certas condições de fabricação do condutor, tais como eles serem nus ou recobertos, sólidos ou encordoados, etc.

Para que o cobre apresente as condutividades indicadas na Tabela 2, é fundamental que sua pureza seja de, no mínimo, 99,99% e a do alumínio de 99,5%. Qualquer tipo de contaminação do metal, como aquela presente nas sucatas, causa uma queda significativa na sua condutividade.

Em certos casos, essa redução pode chegar quase à metade. Isso implica, por exemplo, que um condutor fabricado com sucata de cobre, com metade da condutividade ideal, deveria ter o dobro da seção de um condutor puro, para que ambos conduzissem a mesma corrente elétrica. Essa colocação é apenas um alerta, uma vez que é proibido, por norma, fabricar condutores elétricos com purezas inferiores às indicadas.

Peso

A densidade do alumínio é de 2,7 g/cm³ e a do cobre de 8,9 g/cm³. Calculando-se a relação entre o peso de um condutor de cobre e o peso de um condutor de alumínio, ambos transportando a mesma corrente elétrica, verifica-se que, apesar de o condutor de alumínio possuir uma seção cerca de 60% maior, seu peso é da ordem da metade do peso do condutor de cobre.

A partir dessa realidade física, estabeleceu-se uma divisão clássica entre a utilização do cobre e do alumínio nas redes elétricas. Quando o maior problema em uma instalação envolver o peso próprio dos condutores, prefere-se o alumínio por sua leveza. Esse é o caso das linhas aéreas em geral, onde as dimensões de torres e postes e os vãos entre eles dependem diretamente do peso dos cabos por eles sustentados. Por outro lado, quando o principal aspecto não é o peso, mas sim o espaço ocupado pelos condutores, escolhe-se o cobre por possuir um menor diâmetro. Essa situação é encontrada nas instalações internas, onde os espaços ocupados pelos eletrodutos, eletrocalhas, bandejas e outros são importantes na definição da arquitetura do local.

Deve-se ressaltar que, embora clássica, essa divisão entre a utilização de condutores de cobre e alumínio possui exceções, devendo ser cuidadosamente analisada em cada caso.

Conexões

Uma das diferenças mais marcantes entre cobre e alumínio está na forma como se realizam as conexões entre condutores ou entre condutor e conector.

O cobre não apresenta requisitos especiais quanto ao assunto, sendo relativamente simples realizar as ligações dos condutores de cobre.

No entanto, o mesmo não ocorre com o alumínio. Quando exposta ao ar, a superfície do alumínio é imediatamente recoberta por uma camada invisível de óxido, de difícil remoção e altamente isolante.

Assim, em condições normais, se encostarmos um condutor de alumínio em outro não haveria um adequado contato elétrico entre eles.

Nas conexões em alumínio, um bom contato somente será conseguido se rompermos essa camada de óxido, o que é conseguido apenas com a utilização de ferramentas e conectores específicos e mão de obra treinada. Além disso, quase sempre são empregados compostos que inibem a formação de uma nova camada de óxido, uma vez removida a camada anterior. Como visto em 3.4.2 a seguir, é por causa desta necessidade de materiais específicos e pessoal altamente qualificado para lidar com as conexões em alumínio que a NBR 5410 impõe várias restrições ao uso de fios e cabos elétricos com este condutor.

3.4.2 Aspectos normativos

Inicialmente, é importante notar que, em 6.2.2.3 da NBR 5140, indica-se que as linhas pré-fabricadas (barramentos blindados) devem atender à NBR IEC 60439-2, ser instaladas de acordo com as instruções do fabricante e atender às prescrições de 6.2.4, 6.2.7, 6.2.8 e 6.2.9. Com isto, fica claro que todas as prescrições da seção 6.2.3 *Condutores* não se aplicam aos barramentos blindados (*busways*), ficando restritas aos fios e cabos elétricos isolados, unipolares e multipolares.

Desta forma, encontram-se referências ao uso dos dois metais em 6.2.3.7 da NBR 5410, que prescreve que os condutores utilizados nas linhas elétricas devem ser de cobre ou alumínio. No entanto, se não há nenhuma restrição ao uso do cobre, em 6.2.3.8 é indicado que o uso de condutores de alumínio só é admitido nas condições estabelecidas em 6.2.3.8.1 e 6.2.3.8.2.

No parágrafo 6.2.3.8.1 diz-se que somente podem ser utilizados condutores de alumínio em estabelecimentos industriais desde que a seção dos cabos seja maior ou igual a 16 mm^2 , exista uma subestação ou fonte própria e a instalação e manutenção sejam realizadas por pessoal qualificado (BA5).

Em 6.2.3.8.2 é prescrito que somente podem ser utilizados condutores de alumínio em estabelecimentos comerciais desde que a seção dos cabos seja maior ou igual a 50 mm^2 , os locais sejam exclusivamente BD1 e a instalação e manutenção sejam realizadas por pessoal qualificado (BA5).

O parágrafo 6.2.3.8.3 proíbe totalmente do uso de alumínio em locais BD4 (locais de afluição de público). Esta mesma proibição aparece na norma NBR 13570.

As duas únicas situações nas quais o condutor de alumínio é permitido, embora com severas restrições, são os estabelecimentos industriais e comerciais. Portanto, conclui-se que é completamente proibido o emprego de condutores de alumínio em instalações residenciais (casas e edifícios).

Adicione-se a estas informações o requisito de 1.2.1, que estabelece que a NBR 5410 aplica-se também às instalações elétricas em áreas descobertas das propriedades, externas às edificações. Isto deixa claro que as redes externas, tais como aquelas destinadas à iluminação, força, alimentadores de quadros, bombas, etc., também estão sujeitas às mesmas restrições ao uso de alumínio que as redes internas das edificações.

4

ESCOLHA DAS LINHAS ELÉTRICAS DE ACORDO COM AS INFLUÊNCIAS EXTERNAS

4. ESCOLHA DAS LINHAS ELÉTRICAS DE ACORDO COM AS INFLUÊNCIAS EXTERNAS

4

4.1 Geral

Em 6.2.4 da NBR 5410 é tratada a escolha das linhas elétricas em função das influências externas significativas presentes na instalação.

A Tabela 34 da NBR 5410 apresenta várias influências externas e suas respectivas exigências específicas em relação aos cabos e aos condutos. A Tabela 3 a seguir reproduz as situações mais usuais indicadas na Tabela 34 da norma.

Tabela 3: Seleção e instalação de linhas elétricas em função das influências externas

| Código | Classificação | Seleção e Instalação das linhas |
|---------------------------------------|---------------|---|
| A - Condições ambientais (4.2.6.1) | | |
| AA - Temperatura ambiente (4.2.6.1.1) | | |
| AA1 | -60°C + 5°C | Sob temperaturas inferiores a -10°C, os condutores ou cabos com isolamento e/ou cobertura de PVC, bem como os condutos de PVC não devem ser manipulados nem submetidos a esforços mecânicos, visto que o PVC pode tornar-se quebradiço. Quando a temperatura ambiente (ou do solo) for superior aos valores de referência (20°C para linhas subterrâneas e 30°C para as demais), as capacidades de condução de corrente dos condutores e cabos isolados devem ser reduzidas de acordo com 6.2.5.3.3. |
| AA2 | -40°C + 5°C | |
| AA3 | -25°C + 5°C | |
| AA4 | -5°C + 40°C | |
| AA5 | +5°C + 40°C | |
| AA6 | +5°C + 60°C | |
| AA7 | -25°C + 55°C | |
| AA8 | -50°C + 40°C | |

35

Tabela 3 - Continuação

| Código | Classificação | Seleção e Instalação das linhas |
|--|---------------|---|
| AC - Altitude (4.2.6.1.3) (sem influência) | | |
| AD - Presença de água (4.2.6.1.4) | | |
| AD1 | Desprezível | O uso de molduras em madeira só é permitido em AD1. |
| AD2 | Gotejamento | Nas condições de AD3 a AD6 só devem ser usadas linhas com proteção adicional à penetração de água, com os graus IP adequados, em princípio sem revestimento metálico externo. |
| AD3 | Precipitação | |
| AD4 | Aspersão | |
| AD5 | Jatos | Os cabos uni e multipolares dotados de cobertura extrudada podem ser usados em qualquer tipo de linha, mesmo com condutos metálicos. |
| AD6 | Ondas | Cabos uni e multipolares com isolamento resistente à água (por exemplo, EPR e XLPE). |
| AD7 | Imersão | |
| AD8 | Submersão | Cabos especiais para uso submerso. |
| AG - Choques mecânicos (4.2.6.1.7) | | |
| AG1 | Fracos | Nenhuma limitação. |
| AG2 | Médios | Linhas com proteção leve; os cabos uni e multipolares usuais são considerados adequados; os condutores isolados podem ser usados em eletrodutos que atendam às normas ABNT NBR 5624 e ABNT NBR 6150. |
| AG3 | Severos | Linhas com proteção reforçada; os cabos uni e multipolares providos de armação metálica são considerados adequados; os condutores isolados podem ser usados em eletrodutos que atendam às normas ABNT NBR 5597 e ABNT NBR 5598. |
| AH - Vibrações (4.2.6.1.7) | | |
| AH1 | Fracas | Nenhuma limitação. |
| AH2 | Médias | Podem ser necessárias linhas flexíveis. |
| AH3 | Severas | Só podem ser utilizadas linhas flexíveis constituídas por cabos uni ou multipolares flexíveis ou condutores isolados flexíveis em eletroduto flexível. |

Tabela 3 - Continuação

| Código | Classificação | Seleção e Instalação das linhas |
|--|---------------|--|
| AK - Presença de flora ou mofo (4.2.6.1.8) | | |
| AK1 | Desprezível | Nenhuma limitação. |
| AK2 | Prejudicial | Deve ser avaliada a necessidade de se utilizar: -cabos providos de armação, se diretamente enterrados -condutores isolados em condutos com grau de proteção adequados -materiais especiais ou revestimento adequado protegendo cabos ou eletrodutos. |
| AL - Presença de fauna (4.2.6.1.9) | | |
| AL1 | Desprezível | Nenhuma limitação. |
| AL2 | Prejudicial | Linhas com proteção especial. Se existir risco devido à presença de roedores e cupins, deve ser usada uma das soluções: -cabos providos de armação; -condutores isolados em condutos com grau de proteção adequado; -materiais especialmente aditivados ou revestimento adequado em cabos ou eletrodutos. |
| AN - Radiação solar (4.2.6.1.11) | | |
| AN1 | Desprezível | Nenhuma limitação. |
| AN2 | Média | Os cabos ao ar livre ou em condutos abertos devem ser resistentes às intempéries. A elevação da temperatura da superfície dos condutores ou cabos deve ser levada em conta nos cálculos da capacidade de condução de corrente. |
| AN3 | Alta | |

4.2 As linhas elétricas em locais de afluência de público conforme a NBR 5410 e a NBR 13570

A edição de 1996 (em vigor) da NBR 13570 – Instalações elétricas em locais de afluência de público e a edição 2004 da NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão contêm prescrições que influenciam diretamente a seleção das linhas elétricas em locais de afluência de público no que se refere à proteção contra incêndio.

Genericamente falando, as duas normas determinam que, em locais de afluência de público e sob condições de instalação específicas, os condutos e/ou os condutores obrigatoriamente devem ser livres de halogênio, com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos e corrosivos, enquanto que, em outras situações de instalação, os materiais não precisam possuir tais características.

4.2.1 Locais de afluência de público

Em 1.2 da NBR 13570, os locais de afluência de público são indicados na Tabela A-1 da norma (ver Tabela 4) ou, caso não constem desta lista, aplica-se a outros locais com capacidade de, no mínimo 50 pessoas.

Na NBR 5410, os locais de afluência de público são citados na Tabela 21 (ver Tabela 5) como exemplos de locais BD3 e BD4, onde existem altas densidades de ocupação de pessoas. Mas, o melhor de tudo é que a Tabela A-2 da NBR 13570 (ver Tabela 6) traz pronta uma indicação das influências externas da NBR 5410 aplicadas aos locais indicados na Tabela A-1. Isso é de um auxílio inestimável para os profissionais classificarem de forma objetiva e inequívoca os seus locais, particularmente no que se refere ao código BD.

É importante ainda considerar o item 1.4 da NBR 13570: “Esta Norma não se aplica aos ambientes não acessíveis ao público dos locais mencionados em 1.2, como salas administrativas, técnicas ou operacionais e ambientes análogos”.

Desta forma, para efeito de aplicação das prescrições sobre linhas elétricas, fica claro definir o que é ou não um local de afluência de público e sua respectiva classificação BD, conforme exemplos a seguir.

Exemplo 1:

Uma loja situada dentro de um shopping center é ou não um local de afluência de público (BD3 ou BD4)?

Resposta:

Dependendo do tamanho da loja, ela poderá ou não ser considerada um local de afluência de público, conforme Tabela A-1 da NBR 13570. Se ela tiver uma capacidade definida pela prefeitura, bombeiros ou outra autoridade para conter 100 ou mais pessoas (simultaneamente), ela é então um local de afluência de público e, conforme a Tabela A-2, ela poderá ser classificada como BD3 ou BD4.

Exemplo 2:

Um prédio de uma repartição pública que contém várias salas administrativas para uso dos funcionários, sem atendimento ao público, e uma ou mais áreas para atendimento da população.

Resposta:

Dependendo do tamanho da área de atendimento da população, ela poderá ou não ser considerada um local de afluência de público, conforme Tabela A-1 da NBR 13570 (item 5). Se tiver capacidade definida pela prefeitura, bombeiros ou outra autoridade para conter 100 ou mais pessoas (simultaneamente), ela é então um local de afluência de público e, conforme a Tabela A-2, poderá ser classificada como BD3 ou BD4. No caso das salas administrativas de uso apenas dos funcionários, por definição, não se tratam de locais de afluência de público.

Tabela 4: Locais de afluência de público e capacidade mínima

| Item | Local | Capacidade Mínima (n° de pessoas) |
|------|---|-----------------------------------|
| 01 | Auditórios, salas de conferências/reuniões | 200 |
| 02 | Cinemas | 50 |
| 03 | Hotéis, motéis e similares | 50 |
| 04 | Locais de culto | 300 |
| 05 | Estabelecimentos de atendimento ao público | 100 |
| 06 | Bibliotecas, arquivos públicos, museus e salas de arte | 100 |
| 07 | Teatros, arenas, casas de espetáculos e locais análogos | 50 |
| 08 | Salas polivalentes ou modulares, galpões de usos diversos e usos sazonais | 100 |
| 09 | Lojas de Departamentos | 100 |
| 10 | Restaurantes, lanchonetes, cafés e locais análogos | 100 |
| 11 | Boates e Danceterias | 50 |
| 12 | Supermercados e locais análogos | 100 |
| 13 | Circulações e áreas comuns em centros comerciais, shopping centers | 1 |
| 14 | Salões de bailes, salões de festas, salões de jogos | 120 |
| 15 | Boliches, diversões eletrônicas e locais análogos | 60 |
| 16 | Estabelecimentos de ensino | 100 |
| 17 | Estabelecimentos esportivos e de lazer cobertos | 200 |
| 18 | Estabelecimentos esportivos e de lazer ao ar livre, estádios | 300 |
| 19 | Locais de feiras e exposições ao ar livre | 300 |
| 20 | Parques de diversões | 1 |
| 21 | Circos | 200 |
| 22 | Locais de feiras e exposições cobertos, mercados cobertos com boxes | 200 |
| 23 | Estruturas infláveis | 50 |
| 24 | Estações e terminais de sistemas de transporte | 1 |

¹ Nestes locais, a aplicação da Norma independe da capacidade de pessoas.

NOTA: O cálculo da capacidade dos locais deve ser regulamentado pelas autoridades competentes, normalmente o Poder Público Municipal.

Tabela 5: Condição de fuga das pessoas em emergência

| Código | Classificação | Características | Aplicações e Exemplos ¹ |
|--------|--------------------|---|--|
| BD1 | Normal | Baixa densidade de ocupação. Percurso de fuga breve. | Edificações residenciais com altura inferior a 50 m e edificações não residenciais com baixa densidade de ocupação e altura inferior a 28 m. |
| BD2 | Longa | Baixa densidade de ocupação. Percurso de fuga longo. | Edificações residenciais com altura superior a 50 m e edificações não residenciais com baixa densidade de ocupação e altura superior a 28 m. |
| BD3 | Tumultuada | Alta densidade de ocupação. Percurso de fuga breve. | Locais de afluência de público (teatros, cinemas, lojas de departamentos, escolas, etc.); edificações não residenciais com alta densidade de ocupação e altura inferior a 28 m. |
| BD4 | Longa e Tumultuada | Alta densidade de ocupação. Percurso de fuga longo. | Locais de afluência de público de maior porte (shopping centers, grandes hotéis e hospitais, estabelecimentos de ensino ocupando diversos pavimentos de uma edificação, etc.); edificações não residenciais com alta densidade de ocupação e altura superior a 28 m. |

NOTA: As aplicações e exemplos destinam-se apenas a subsidiar a avaliação de situações reais oferecendo elementos mais qualitativos do que quantitativos. Os códigos locais de segurança contra incêndio e pânico podem conter parâmetros mais estritos. Ver também ABNT NBR 13570.

Tabela 6: Classificação das influências externas

| Item | Local | AD | AH | BB | BC | BD | BE |
|------|--|----|------|----|------|--------|----|
| 01 | Auditórios, salas de conferências/reuniões, cinemas, hotéis, motéis e similares, locais de culto, estabelecimento de atendimento ao público, bibliotecas, arquivos públicos, museus, salas de arte | -) | -) | -) | 3**) | 3 ou 4 | 2 |
| 02 | Teatros, arenas, casas de espetáculos e locais análogos: - Palco | 4 | 2**) | 3 | 3**) | 3 | 2 |
| | Demais Locais | -) | -) | -) | -) | 3 | 2 |
| 03 | Salas polivalentes ou modulares, galpões de usos diversos e usos sazonais | -) | -) | -) | -) | 3 ou 4 | 2 |
| 04 | Lojas de departamentos | -) | -) | -) | 3**) | 3 ou 4 | 2 |
| 05 | Restaurantes, lanchonetes, boates, cafés e locais análogos: - Cozinha | 4 | -) | -) | 3 | 3 | 2 |
| | Demais Locais | -) | -) | -) | 3**) | 3 | 2 |
| 06 | Supermercados e locais análogos | -) | -) | -) | 3 | 3 | 2 |
| 07 | Circulações e áreas comuns em centros comerciais, shoppings centers | -) | -) | -) | 3 | 3 | 2 |
| 08 | Danceterias, salões de baile, salões de festas, salões de jogos, boliches, diversões eletrônicas e locais análogos | -) | 2**) | -) | 3 | 3 ou 4 | 2 |
| 09 | Estabelecimentos de ensino | -) | -) | -) | 3 | 3 | 2 |
| 10 | Estabelecimentos esportivos e de lazer cobertos | -) | 2**) | -) | 3 | 3 ou 4 | 2 |
| 11 | Estabelecimentos esportivos e de lazer ao ar livre, estádios | -) | 2**) | 3 | 3**) | 3 ou 4 | 2 |
| 12 | Locais de feiras e exposições ao ar livre, parques de diversões, circos | -) | 2**) | 3 | 4**) | 3 | 2 |
| 13 | Locais de feiras e exposições cobertos, mercados cobertos com boxes | -) | 2**) | -) | 3 | 3 | 2 |
| 14 | Estruturas infláveis | -) | -) | -) | -) | 3 ou 4 | 2 |
| 15 | Estações e terminais de sistemas de transporte | -) | -) | -) | 3 | 3 ou 4 | 2 |

*) A classificação desta influência deve ser determinada de acordo com a aplicação específica do local.

***) Pode ser que existam neste local áreas onde se aplique uma classificação diferente

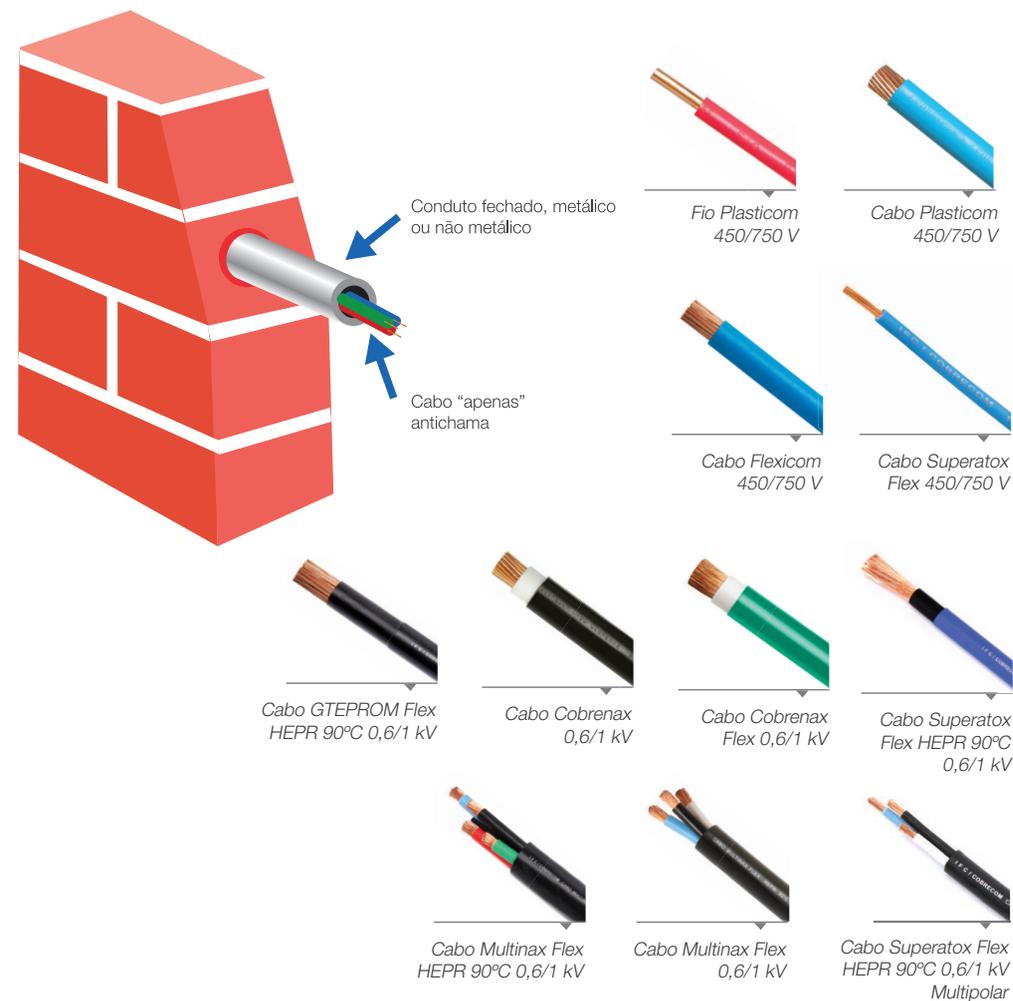
NOTA - Exemplos de aplicação da tabela A.2: o palco de um teatro tem a seguinte classificação mínima de influências externas: AD4, AH2, BB3, BC3, BD3 e BE2.

4.2.2 Linhas embutidas

Tanto na NBR 13570 (4.2.3) quanto na NBR 5410 (5.2.2.2.3), prescreve-se que nas áreas de afluência (acesso) de público as linhas elétricas embutidas devem ser totalmente imersas em material incombustível e os cabos devem ser, no mínimo, não propagantes de chama (antichama), conforme Figura 13.

A colocação das linhas elétricas no interior de paredes e lajes de alvenaria ou concreto satisfaz esta prescrição naturalmente, devendo ser analisado com cautela o caso do embutimento em estruturas compostas por outros materiais.

Figura 13: Linhas embutidas em locais de afluência de público



4.2.3 Linhas aparentes

As prescrições da NBR 13570 e da NBR 5410 para instalações aparentes em locais de afluência de público são muito parecidas, conforme indicado a seguir.

Linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos

NBR 13570 / 4.2.4:

a) As linhas devem estar situadas de forma a não serem acessíveis, nas situações previstas de utilização do local, a pessoas não advertidas ou não qualificadas, respeitando-se a altura mínima de 2,50 m do piso acabado, e os cabos devem ser resistentes à chama, sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos e corrosivos.

NBR 5410 / 5.2.2.2.3:

a) Nessas linhas, os cabos devem ser não propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

Linhas constituídas por cabos em condutos abertos

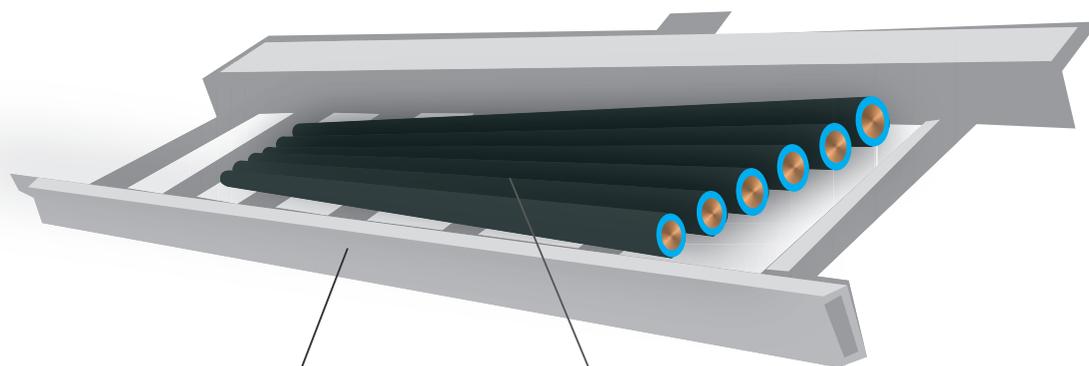
NBR 13570 / 4.2.4:

b) Estas linhas devem estar situadas de forma a não serem acessíveis, nas situações previstas de utilização do local, a pessoas não advertidas ou não qualificadas e os cabos e condutos devem ser resistentes à chama, sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos e corrosivos.

NBR 5410 / 5.2.2.2.3:

b) No caso de linhas constituídas por condutos abertos, os cabos devem ser não propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos. Já os condutos, caso não sejam metálicos ou de outro material incombustível, devem ser não propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos. Para esta situação de instalação, ver Figura 14.

Figura 14: Linhas aparentes com condutos abertos em locais de afluência de público



Conduto aberto: não propagante de chama, livre de halogênio, baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

Cabo: não propagante de chama, livre de halogênio, baixa emissão de fumaça e gases tóxicos (NBR 13248).



Linhas constituídas por cabos em condutos abertos

NBR 13570 / 4.2.4:

c) No caso de linhas constituídas por cabos em condutos fechados, os cabos devem ser resistentes à chama, sob condições simuladas de incêndio, e os condutos devem ser resistentes à chama, sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos e corrosivos.

NBR 5410 / 5.2.2.2.3:

c) No caso de linhas em condutos fechados, os condutos que não sejam metálicos ou de outro material incombustível devem ser não propagantes de chama, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos. Na primeira hipótese (condutos metálicos ou de outro material incombustível), podem ser usados condutores e cabos apenas não propagantes de chama; na segunda, devem ser usados cabos não propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

A diferença entre as duas normas em relação ao uso de condutos fechados aparentes está na especificação dos condutores que serão instalados no interior dos condutos fechados: enquanto a NBR 13570 prescreve, em todos os casos, o uso de cabos “apenas” não propagantes de chama, a NBR 5410 indica que tais cabos podem ser usados unicamente com condutos metálicos (ver Figura 15); no caso do emprego de condutos fechados aparentes que não sejam metálicos, tanto o conduto quanto os cabos em seu interior devem ser não propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos (ver Figura 16).

Para efeito de escolha dos condutores, o item 6.2.3.5 da NBR 5410 e o item 4.2.4 da NBR 13570 esclarecem que os cabos não propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos devem atender à NBR 13248.

Figura 15: Linhas aparentes com condutos fechados metálicos em locais de afluência de público

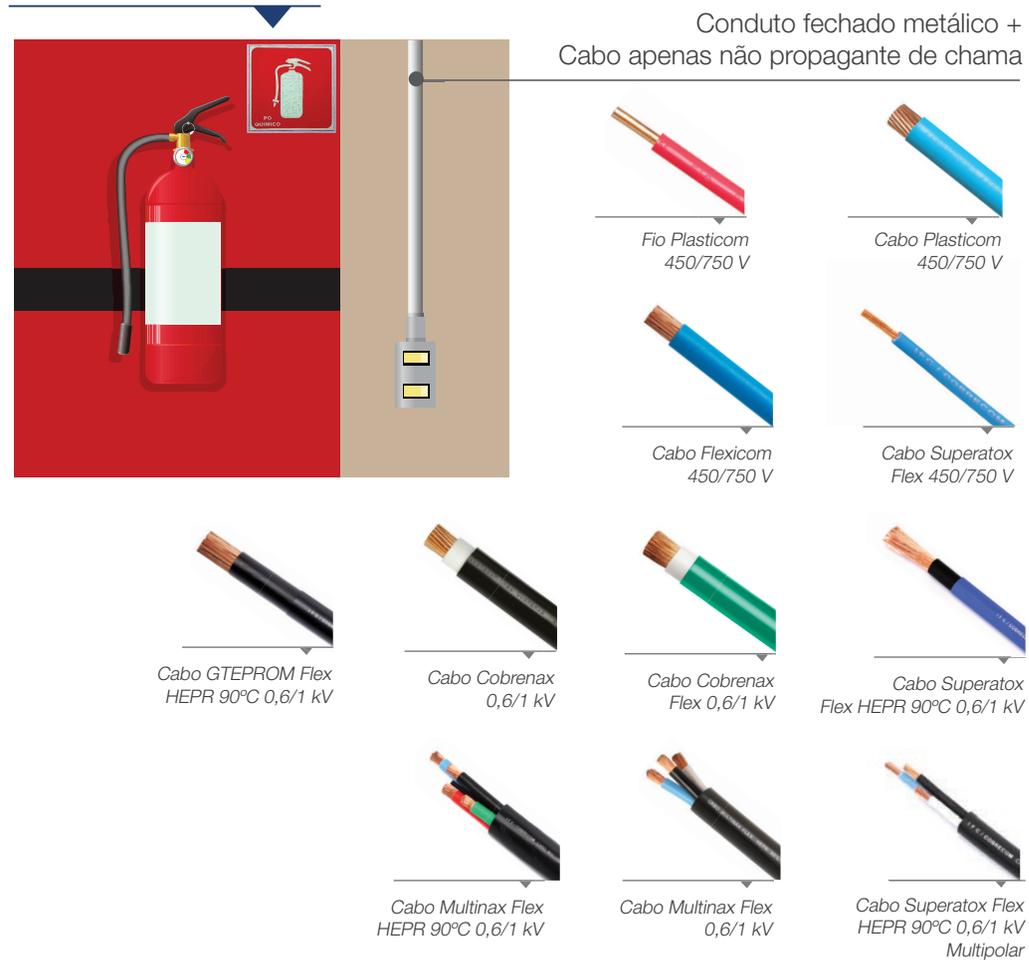
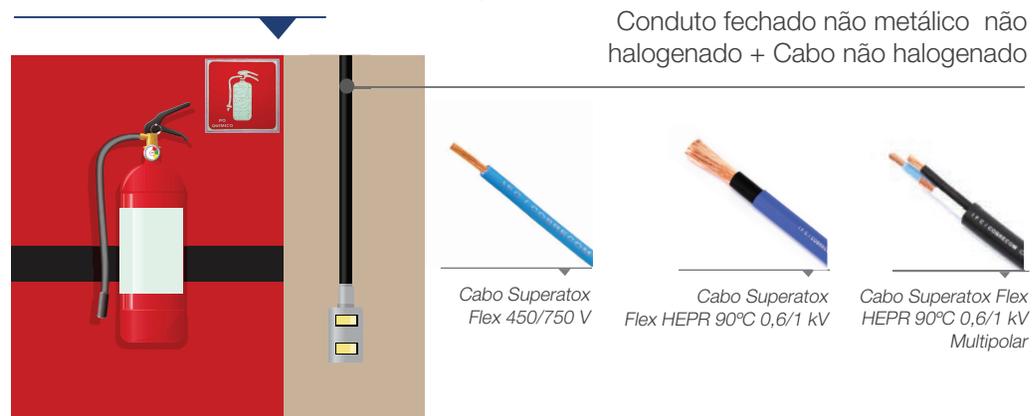


Figura 16: Linhas aparentes com condutos fechados não metálicos em locais de afluência de público



5

INSTALAÇÃO DE CABOS ELÉTRICOS DE BAIXA TENSÃO

5. INSTALAÇÃO DE CABOS ELÉTRICOS DE BAIXA TENSÃO

As diversas condições de instalação dos cabos elétricos de baixa tensão são tratadas em 6.2.9, 6.2.10 e 6.2.11 da NBR 5410.

5.1 Travessias de paredes

Nas travessias de paredes, as linhas elétricas devem ser providas de proteção mecânica adicional, exceto se sua robustez for suficiente para garantir a integridade nos trechos de travessia.

Como se observa, a preocupação neste caso é garantir a integridade das linhas elétricas, permitindo qualquer tipo de linha elétrica, desde que ela seja robusta o suficiente para resistir aos esforços mecânicos que possam resultar da travessia das paredes. Isso é conseguido, em geral, pela utilização de condutos metálicos ou, quando não metálicos, com elevada resistência mecânica a deformações.

5.2 Linhas elétricas x Linhas não elétricas

Em 6.2.9.4.1, a distância entre as superfícies externas das linhas elétricas e não elétricas deve ser tal que as intervenções em uma linha não danifiquem a outra (Figura 17).

A norma não indica nenhuma medida em particular, ficando a critério do projetista/instalador determinar a distância que, a seu critério, seja a mais adequada. Na falta de um melhor parâmetro, o valor de 3 cm indicado na versão de 1997 da NBR 5410 poderia ser uma boa sugestão.

A norma não proíbe a convivência de linhas elétricas e não elétricas em nenhum local, mas oferece os critérios para que esta convivência seja a mais segura possível.

Figura 17: Linhas elétricas x Linhas não elétricas



5.3 Linhas elétricas em dutos de exaustão

Em 6.2.9.4.3 está prescrito que não se admitem linhas elétricas no interior de dutos de exaustão de fumaça ou de dutos de ventilação, sendo que tais dutos são aqueles construídos em chapas. Os espaços de construção utilizados como “plenuns” não são cobertos por esta prescrição.

Esta prescrição refere-se exclusivamente aos dutos fabricados em chapas, geralmente metálicas, utilizados nos sistemas de exaustão, ventilação e ar-condicionado, não se aplicando aos espaços de construção utilizados nos sistemas de retorno ou insuflamento de ar. No jargão técnico da área de ventilação e ar-condicionado, o entreferro ou espaço sob o piso elevado é tratado como “plenum” e não como duto, sendo que todo duto é de uso exclusivo para os sistemas de ventilação e ar-condicionado.

Além disso, segundo os especialistas do setor, as temperaturas e demais condições operacionais dos dutos dos sistemas de ventilação e ar-condicionado podem prejudicar a integridade das linhas elétricas em seu interior, uma vez que nestes dutos a temperatura pode variar de +/-10°C a +/-140°C.

De qualquer forma, ainda segundo os especialistas, por questões de segurança e de qualidade de ar, a partir da publicação da portaria 3523 do Ministério da Saúde, todo duto de ar deve ser de uso exclusivo dos sistemas de ventilação e ar-condicionado e, quando isto não for possível, existem uma série de precauções e providências a serem tomadas para eliminar a contaminação do ar e risco de sinistros, como por exemplo prever a inserção de estágios de filtragem nos pontos de conexão dos dutos com o plenum, visto que a qualidade do ambiente do plenum é de difícil gerenciamento.

Uma vez esclarecido que o texto da NBR 5410 faz referência apenas aos dutos construídos em chapas, não proibindo então a presença de linhas elétricas em espaços de construção utilizados como plenums de ventilação e ar-condicionado, como ficam então as linhas elétricas nestes plenums?

Neste caso, a NBR 5410 não traz prescrições específicas sobre a situação de um espaço de construção ser utilizado como plenum de ventilação e ar-condicionado e, assim sendo, valem as regras gerais apresentadas para esta maneira de instalar, tal como, por exemplo, a seção 6.2.11.5 que prescreve o seguinte: “Nos espaços de construção podem ser utilizados condutores isolados e cabos unipolares ou multipolares, conforme os métodos de instalação 21, 22, 23, 24 e 25 da Tabela 33, desde que os condutores ou cabos possam ser instalados ou retirados sem intervenção nos elementos de construção do prédio”.

Além disso, uma análise detalhada de todas as influências externas a que as linhas elétricas no interior do espaço de construção vão estar submetidas é uma grande ferramenta para se decidir pela melhor forma de selecionar e instalar os condutos e condutores ou as linhas pré-fabricadas. Particularmente falando de aspectos de incêndio nos espaços de construção, a seção 5.2.2.2 “Proteção contra incêndio em locais BD2, BD3 e BD4” impõe algumas regras às linhas aparentes e às linhas no interior de paredes ocas ou de outros espaços de construção, com destaque para as exigências de não propagação de chama, de não geração de halogênios e de baixa emissão de fumaça e gases tóxicos por parte dos condutos e/ou condutores.

5.4 Instalação de cabos de energia e de sinal

A instalação em linhas elétricas de cabos de energia (potência) e de sinal em geral (dados, telefonia, etc.) é tratada no item 6.2.9.5 da NBR 5410, conforme texto a seguir:

6.2.9.5 Circuitos sob tensões que se enquadrem uma(s) na faixa I e outra(s) na faixa II definidas no anexo A não devem compartilhar a mesma linha elétrica, a menos que todos os condutores sejam isolados para a tensão mais elevada presente ou, então, que seja atendida uma das seguintes condições:

a) Os condutores com isolamento apenas suficiente para a aplicação a que se destinam forem instalados em compartimentos separados do conduto a ser compartilhado.

b) Forem utilizados eletrodutos separados.

Nota – Esses requisitos não levam em conta cuidados específicos visando compatibilidade eletromagnética. Sobre proteção contra perturbações eletromagnéticas, ver 5.4 e 6.4.

Para efeitos práticos, a faixa I mencionada refere-se aos cabos de sinal, e a faixa II, aos cabos de energia (ver Tabela 7).

Como regra geral, é proibido instalar cabos de energia e de sinal na mesma linha elétrica. No entanto, como primeira exceção, é permitido instalar cabos de energia e de sinal na mesma linha elétrica se todos os condutores (energia e sinal) tiverem a mesma tensão de isolamento. Isso não é muito comum na prática, pois exigiria, por exemplo, um cabo coaxial isolado para 1 kV.

Na segunda exceção é permitido instalar cabos de energia e de sinal com tensões de isolamento diferentes na mesma linha elétrica desde que em partições separadas do conduto (por exemplo, por meio de um septo na bandeja, eletrocalha ou canaleta, conforme Figura 18).

Tabela 7: Faixas de tensão

| Faixa | Sistemas diretamente aterrados | | | | Sistemas não diretamente aterrados | |
|-------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|
| | Corrente Alternada | | Corrente Contínua | | Corrente Alternada | Corrente Contínua |
| | Entre fase e terra | Entre fases | Entre polo e terra | Entre polos | Entre fases | Entre polos |
| I | $U \leq 50$ | $U \leq 50$ | $U \leq 120$ | $U \leq 120$ | $U \leq 50$ | $U \leq 120$ |
| II | $50 < U \leq 600$ | $50 < U \leq 1000$ | $120 < U \leq 900$ | $120 < U \leq 1500$ | $50 < U \leq 1000$ | $120 < U \leq 1500$ |

1 - Nos sistemas não diretamente aterrados, se o neutro (ou compensador) for distribuído, os equipamentos alimentados entre fase e neutro (ou entre polo e compensador) devem ser escolhidos de forma que sua isolação corresponda à tensão entre fases (ou entre polos).

2 - Esta classificação das faixas de tensão não exclui a possibilidade de serem introduzidos limites intermediários para certas prescrições de instalação.

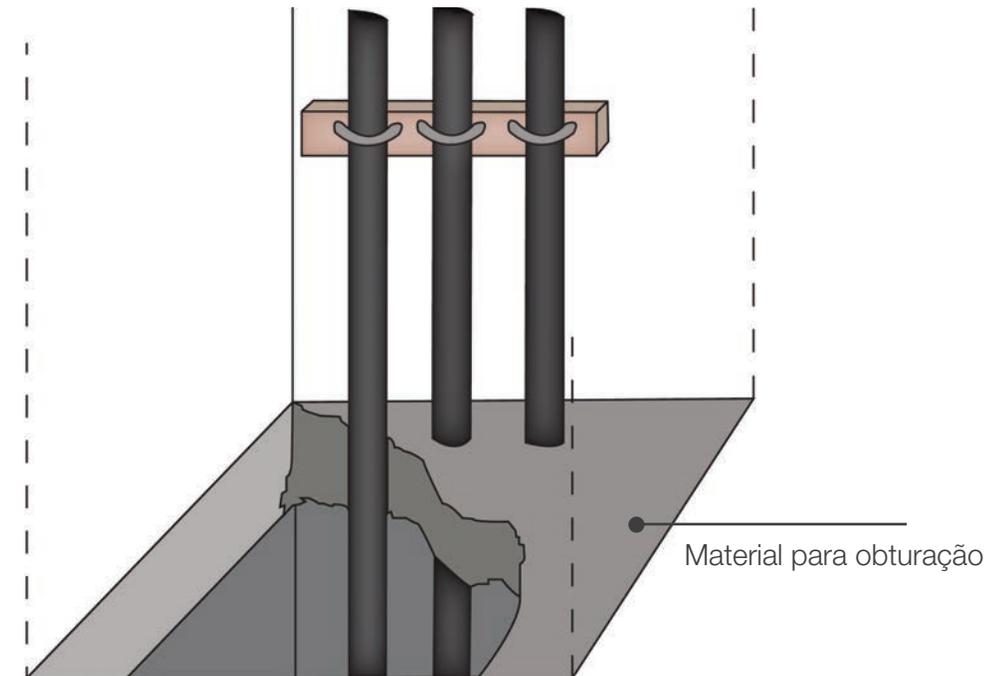
Figura 18: Compartimentos (septos) separados para instalação de circuitos de energia e de sinal



5.5 Barreiras corta-fogo

Quando uma linha elétrica atravessar elementos da construção tais como pisos, paredes, coberturas, tetos, etc, as aberturas remanescentes à passagem da linha devem ser obturadas de modo a preservar a característica de resistência ao fogo de que o elemento for dotado (Figura 19). Essa prescrição aplica-se também às linhas elétricas pré-fabricadas, tais como os barramentos blindados.

Figura 19: Exemplo de obturação de travessia de pisos



Toda obturação deve atender às seguintes prescrições:

- Deve ser compatível com os materiais da linha elétrica com os quais deve ter contato;
- Deve permitir as dilatações e contrações da linha elétrica sem que isso reduza sua efetividade como barreira corta-fogo;
- Deve apresentar estabilidade mecânica adequada, capaz de suportar os esforços que podem sobrevir de danos causados pelo fogo aos meios de fixação e de suporte da linha elétrica. Essa prescrição é considerada atendida se a fixação da linha elétrica for reforçada com grampos, abraçadeiras ou suportes, instalados a não mais de 750 mm da obturação e capazes de suportar as cargas mecânicas esperadas em consequência da ruptura dos suportes situados do lado da parede já atingido pelo fogo e de tal forma que nenhum esforço seja transmitido à obturação. Ou então, se a concepção da própria obturação garantir uma sustentação adequada, na situação considerada.

As obturações devem poder suportar as mesmas influências externas a que a linha elétrica está submetida e, além disso, devem ter uma resistência aos produtos de combustão equivalente à dos elementos da construção nos quais forem aplicadas. Em geral, devem ter uma resistência à chama direta de 750°C por três horas consecutivas.

Devem ainda apresentar um grau de proteção contra penetração de água pelo menos igual ao requerido dos elementos da construção nos quais forem aplicadas e, finalmente, devem ser protegidas, tanto quanto as linhas, contra gotas de água que, escorrendo ao longo da linha, possam vir a se concentrar no ponto obturado, a menos que os materiais utilizados sejam todos resistentes à umidade, originalmente e/ou após a finalização da obturação.

Existem no mercado materiais específicos para a finalidade de obturação (algumas “espumas”), ou, em certos casos, a aplicação de concreto magro ou de gesso como elemento de obturação pode ser considerada. No entanto, é preciso reconhecer que obturação de passagens não é especialidade de pessoas com formação na área elétrica e, neste sentido, sempre deve ser consultado um especialista no tema para definir a maneira mais adequada e os materiais mais apropriados para realizar a obturação.

5.6 Propagação de incêndios em espaços de construção e galerias

Nos espaços de construção (poços/*shafts*, forros falsos, pisos elevados, etc.) e nas galerias devem ser tomadas precauções adequadas para evitar a propagação de um incêndio.

Conforme a Tabela 32 da norma – *Características dos componentes da instalação em função das influências externas*, na classificação CB2, os componentes elétricos (e não elétricos) instalados em espaços de construção e galerias devem ser constituídos de materiais não propagantes de chama ou devem ser previstas barreiras corta-fogo ou ainda podem ser previstos detectores de incêndio.

Além disso, na Tabela 34 – *Seleção e instalação de linhas elétricas em função das influências externas*, no caso de situações CB2 (sujeitas à propagação de incêndio), as linhas elétricas em particular devem atender ao item 5.2.2.5, o qual reforça que devem ser tomadas precauções para que as instalações elétricas não possam propagar incêndios (por exemplo, efeito chaminé), podendo ser previstos

detectores de incêndio que acionem medidas destinadas a bloquear a propagação do incêndio como, por exemplo, o fechamento de registros corta-fogo (“dampers”) em dutos ou galerias.

Em particular, o item 6.2.9.6.8 da NBR 5410 prescreve que, no caso de linhas elétricas dispostas em poços verticais (*shafts*) atravessando diversos níveis, cada travessia de piso deve ser obturada de modo a impedir a propagação de incêndio.

5.7 Disposição dos condutores

As prescrições a seguir, baseadas em 6.2.10 da NBR 5410, aplicam-se genericamente aos condutores e linhas elétricas. Mais adiante serão tratados os casos de algumas linhas elétricas específicas.

- Os condutos fechados (eletrodutos, eletrocalhas, canaletas com tampas, etc) podem conter condutores de mais de um circuito, quando as três condições seguintes forem simultaneamente atendidas:

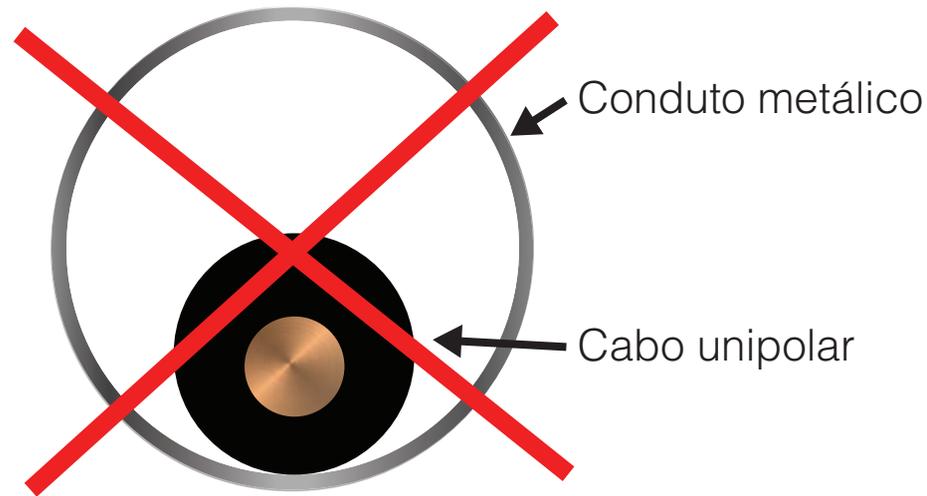
a) Os circuitos pertencerem à mesma instalação, isto é, se originarem do mesmo dispositivo geral de manobra e proteção, sem a interposição de equipamentos que transformem a corrente elétrica.

b) As seções nominais dos condutores fase estiverem contidas dentro de um intervalo de três valores normalizados sucessivos. Por exemplo, é permitido instalar no mesmo eletroduto (ou eletrocalha ou canaleta com tampa) cabos de média tensão de seções de 50, 70 e 95 mm², mas não é permitido instalar cabos de 50, 70 e 120 mm².

c) Os cabos tiverem a mesma temperatura máxima para serviço contínuo. Assim, por exemplo, podem compartilhar o mesmo conduto fechado diferentes cabos isolados em PVC (classe 70°C), assim como podem utilizar o mesmo conduto fechado cabos isolados em EPR e XLPE, pois ambos são classe 90°C. No entanto, não se admite misturar no mesmo conduto fechado cabos isolados em PVC e EPR ou XLPE, pois possuem temperaturas de serviço diferentes.

- Não é permitida a instalação de um único cabo unipolar no interior de um conduto fechado de material condutor (metálico) (Figura 20).

Figura 20: Não é permitido instalar somente um cabo unipolar em conduto metálico



- 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. 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.

Essa prescrição da norma visa obter o melhor equilíbrio possível de corrente entre os diversos cabos, evitando assim que alguns sejam percorridos por mais correntes do que outros. Quando isso acontece, há o risco de alguns cabos entrarem em sobrecarga, enquanto que outros funcionarão com carga reduzida. Nas situações em que a proteção contra sobrecarga de todos os cabos em paralelo é realizada por um único dispositivo, ele não irá atuar por conta de sobrecargas em cabos individuais, uma vez que ele “enxerga” somente a corrente total do circuito.

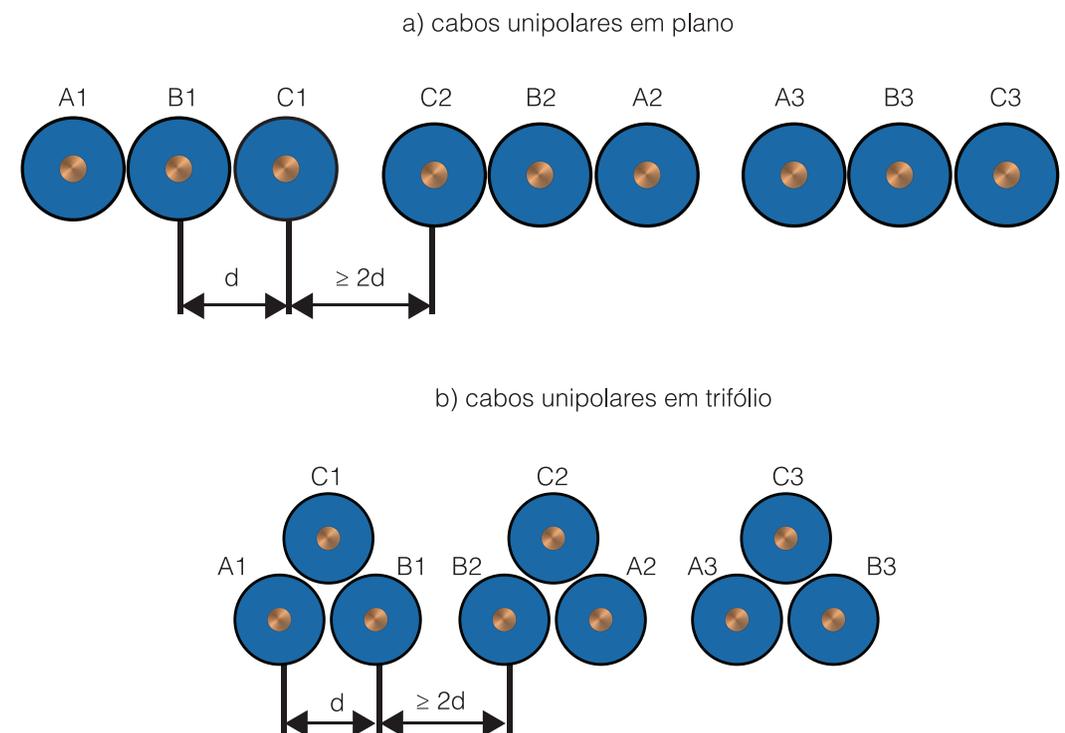
Desta forma, deve-se buscar uma divisão de corrente igual ou muito próxima entre os cabos ligados em paralelo. Isso é conseguido quando as impedâncias dos cabos em paralelo são aproximadamente iguais. Como a resistência elétrica será praticamente a mesma em todos os condutores (todos têm a mesma seção nominal e comprimento), a variação de impedância entre os cabos em paralelo fica por conta da reatância indutiva (indutância própria + indutância mútua).

A indutância própria também é aproximadamente a mesma entre os cabos em paralelo, já que depende apenas da geometria do cabo propriamente dita. No entanto, a reatância mútua depende do arranjo, ou seja, da forma como os cabos são instalados e da distância entre eles.

Quando são utilizados cabos tripolares em paralelo por fase, obtém-se uma geometria muito simétrica entre os condutores das diferentes fases que formam cada perna do conjunto em paralelo. Isso faz com que a distribuição de correntes entre os diversos cabos em paralelo na mesma fase seja muito boa.

O problema da distribuição desigual de corrente ocorre quando se utilizam cabos unipolares, uma vez que o arranjo dos cabos influencia de modo significativo a reatância mútua. Neste caso, sem realizar cálculos complexos de indutância mútua, as maneiras práticas de conseguir a distribuição de corrente mais uniforme são aquelas indicadas na Figura 21.

Figura 21: Arranjos práticos de cabos unipolares em paralelo por fase



5.8 Instalação em eletrodutos

A instalação de condutores elétricos em eletrodutos deve atender alguns requisitos particulares da NBR 5410 que dizem respeito, principalmente, ao número máximo de cabos em seu interior e à quantidade máxima permitida de curvas sem a instalação de caixas de passagem.

5.8.1 Especificação

As normas técnicas brasileiras mais importantes para eletrodutos são as seguintes:

- NBR 5597:1995 - Eletroduto rígido de aço-carbono e acessórios com revestimento protetor, com rosca ANSI/ASME B1.20.1 – Especificação.
- NBR 5598:1993 - Eletroduto rígido de aço-carbono com revestimento protetor, com rosca NBR 6414 – Especificação.
- NBR 5624:1993 - Eletroduto rígido de aço-carbono, com costura, com revestimento protetor e rosca NBR 8133 – Especificação.
- NBR 13057:1993 - Eletroduto rígido de aço-carbono, com costura, zincado eletroliticamente e com rosca NBR 8133.
- NBR 15465:2007 - Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos de desempenho.
- NBR15701:2009 - Conduletes metálicos roscados e não roscados para sistemas de eletrodutos.

No que tange à especificação dos eletrodutos, o item 6.2.11.1 da norma indica que é vedado o uso, como eletroduto, de produtos que não sejam expressamente apresentados e comercializados como tal. Esta proibição inclui, por exemplo, produtos caracterizados por seus fabricantes como “mangueiras”.

Um modo de atender a este item da norma é utilizar nas obras apenas aqueles produtos que indiquem a norma técnica que rege sua fabricação e ensaios.

Essa informação pode fazer parte do material informativo do produto (catálogo impresso, catálogo virtual, folhetos, etc.) assim como deve vir gravada sobre a superfície do eletroduto a identificação da norma que lhe é aplicável. Somente com estas informações claramente disponibilizadas, o profissional ou consumidor poderá ter elementos para fazer a escolha que julgar mais adequada.

5.8.2 Número máximo de condutores no interior de um eletroduto

A NBR 5410 admite, em 6.2.10.2, que os condutos fechados em geral, e os eletrodutos em particular, contenham condutores de mais de um circuito se as seções nominais dos condutores de fase estiverem contidas dentro de um intervalo de três valores normalizados sucessivos, tais como 1,5, 2,5 e 4 mm², ou 6, 10 e 16 mm² ou 35, 50 e 70 mm², e assim por diante. Desta forma, por exemplo, pode-se colocar dentro de um eletroduto cabos com seções de 1,5, 2,5 e 4 mm², mas não se podem colocar juntos num eletroduto cabos com seções 1,5, 6 e 10 mm².

Em 6.2.11.1.6, determina-se a quantidade máxima de condutores dentro de um eletroduto, de modo a se deixar uma boa área livre no interior do mesmo para facilitar a dissipação do calor gerado pelos condutores e para facilitar a enfição e retirada dos cabos. Para tanto, é necessário que os condutores ou cabos não ocupem uma porcentagem da área útil do eletroduto superior a 53% para um condutor, a 31% para dois condutores e a 40% para três ou mais condutores.

Com base nesta prescrição, a maneira de calcular a quantidade máxima de condutores é resumida em comparar a área interna de um eletroduto com a área total de condutores. Da geometria, a área útil de um eletroduto (A_E) é dada por:

$$A_E = \frac{\pi}{4} (d_e - 2e)^2$$

Onde: d_e é o diâmetro externo do eletroduto e e a espessura da parede do eletroduto. Tais valores podem ser obtidos, por exemplo, no catálogo do fabricante.

A área total de um cabo isolado (A_C) deve ser calculada por:

$$A_C = \frac{\pi}{4} d^2$$

Sendo: d o diâmetro externo do cabo isolado, valor que é obtido no catálogo do fabricante.

Desta forma, o número máximo (N) de cabos isolados de mesma seção que pode ser instalado em um eletroduto é dado por:

$$N = \frac{t_{oc} \cdot A_E}{A_c}$$

Onde: $t_{oc} = 0,53$ para um condutor, $0,31$ para dois condutores e $0,40$ para três ou mais condutores a serem instalados no interior do eletroduto.

Exemplo: quantos condutores isolados de 450/750 V de seção nominal $2,5 \text{ mm}^2$ podem ser instalados dentro de um eletroduto rígido em PVC classe A – tamanho nominal 20 (3/4") – tipo roscável?

Do catálogo dos **Cabos Flexicom 450/750 V** (ver Anexo C), o diâmetro nominal de um cabo $2,5 \text{ mm}^2$ é $d = 3,6 \text{ mm}$ e de um catálogo de eletroduto rígido em PVC classe A – tamanho nominal 20 – tipo roscável (NBR 15465), obtém-se $d_e = 21,1 \pm 0,3 \text{ mm}$; $e = 2,5 \text{ mm}$. Recomenda-se utilizar no cálculo a menor dimensão permitida do eletroduto, ou seja, $d_e = 21,1 - 0,3 = 20,8 \text{ mm}$.

Então, aplicando-se as equações anteriores:

$$A_E = 196 \text{ mm}^2$$

$$A_C = 10,2 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{t_{oc} \cdot A_E}{A_c} = \frac{0,4 \cdot 196}{10,2} = 7 \text{ condutores isolados}$$

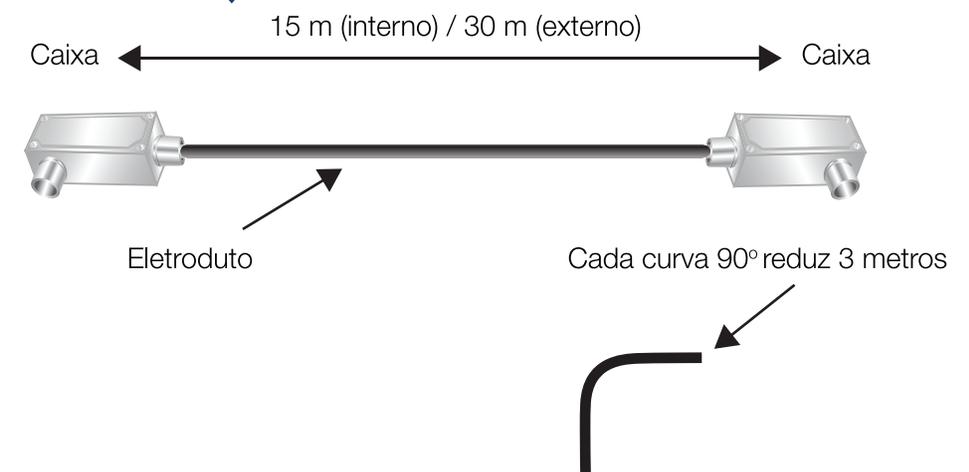
5.8.3 Quantidade máxima permitida de curvas em um eletroduto

Em 6.2.11.1.6, a norma determina que os trechos contínuos de tubulação, sem interposição de caixas ou equipamentos, não devem exceder 15 metros de comprimento para linhas internas às edificações e 30 metros para as linhas em áreas externas às edificações, se os trechos forem retilíneos. Se os trechos incluírem curvas, os limites de 15 m e de 30 m devem ser reduzidos em 3 m para cada curva de 90° .

Em cada trecho de tubulação entre duas caixas, ou entre extremidades, ou ainda entre caixa e extremidade, só devem ser previstas, no máximo, 3 curvas de 90° , ou seu equivalente até, no máximo, 270° , não devendo ser previstas curvas com deflexão superior a 90° . Ver Figura 22.

Desta forma, por exemplo, um trecho de tubulação situada no interior de uma obra, contendo 2 curvas, não poderá ter um comprimento superior a $15 - (2 \times 3) = 9 \text{ m}$.

Figura 22: Distâncias para instalação de caixas em eletrodutos



5.9 Caixas de derivação e de passagem

A localização das caixas deve ser de modo a garantir que elas sejam facilmente acessíveis. Elas devem ser providas de tampas ou, caso alojem interruptores, tomadas de corrente e congêneres, fechadas com os espelhos que completam a instalação desses dispositivos. As caixas de saída para alimentação de equipamentos podem ser fechadas com as placas destinadas à fixação desses equipamentos.

A NBR 5410 admite a ausência de tampa em caixas de derivação ou de passagem instaladas em forros ou pisos falsos, desde que essas caixas, efetivamente, só se tornem acessíveis com a remoção das placas do forro ou do piso falso, e que se destinem exclusivamente à emenda e/ou derivação de condutores, sem acomodar nenhum dispositivo ou equipamento. Esta prescrição vem atender, por exemplo, aqueles casos de instalação de linhas de eletrodutos aparentes fixadas no teto que contêm os circuitos para alimentação de luminárias montados nas placas do forro falso.

A ocupação das caixas de derivação e condutores, não raro, se revela um problema. Uma situação típica, neste particular, é a existência de caixas com uma quantidade de condutores tal que é quase impossível fechá-las, colocar suas tampas. Especial atenção deve ser dada a este assunto nas fases de projeto e instalação.

5.10 Instalação em bandejas

Sob o ponto de vista da instalação dos condutores elétricos em bandejas, diferentemente do que ocorre com cabos instalados em eletrodutos, a NBR 5410 não estabelece uma ocupação máxima de x% da área útil da bandeja pelos cabos. A única restrição à quantidade de cabos na bandeja é dada em 6.2.11.3.5.

Nas bandejas, leitos e prateleiras, preferencialmente, os cabos devem ser dispostos em uma única camada. Admite-se, no entanto, a disposição em várias camadas desde que haja uma limitação de material combustível (isolações, capas e coberturas), de modo a evitar a propagação de incêndio. Para tanto, o volume de material combustível deve ser limitado a:

- 3,5 dm³ por metro linear para cabos de categoria BF da NBR 6812.
- 7 dm³ por metro linear para cabos de categoria AF ou AF/R da NBR 6812.

A norma NBR 6812 mencionada nos itens acima foi cancelada e substituída em 2005 pela série de normas *ABNT NBR NM IEC 60332-3:2005 - Métodos de ensaios para cabos elétricos sob condições de fogo*.

A nova série de normas manteve a terminologia e os conceitos da NBR 6812 relativos às categorias de ensaios dos cabos em relação à propagação de chama, tais como categorias AF, AF/R e BF, mencionadas na NBR 5410.

Tais categorias referem-se à duração do ensaio de queima, o volume de material não metálico das amostras utilizadas no ensaio e o método de montagem das amostras para a realização dos ensaios.

As categorias A, B, C e D são para cabos de uso geral empregados em situações comuns, enquanto que as categorias AF e AF/R destinam-se a projetos de cabos especiais utilizados em aplicações específicas determinadas pelo cliente que utilizará o cabo.

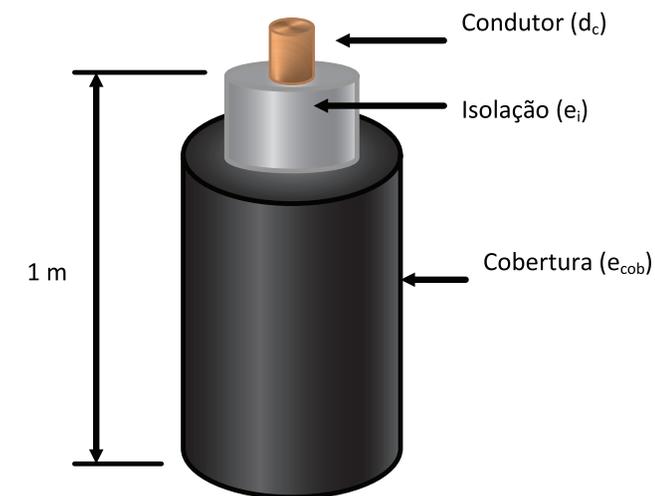
Para aplicar essa prescrição, deve-se conhecer o volume de material combustível que está contido nos cabos no interior da bandeja e limitá-lo aos valores de 3,5 ou 7 dm³, conforme o caso.

Em geral, os cabos unipolares ou multipolares disponíveis no mercado enquadram-se na categoria BF, o que faz com que seja possível instalar, no máximo, 3,5 dm³ por metro linear de material combustível.

O volume de material combustível (V_{mc}), expresso em dm³ por metro linear, pode ser calculado por (ver Figura 23):

Figura 23: Dimensões de um cabo unipolar ou multipolar

$$V_{mc} = (\pi/4) \times \{[d_c + 2 \times (e_i + e_{cob})]^2 - d_c^2\} \times 10^{-3}$$



Exemplo: uma bandeja contém 10 cabos unipolares de 50 mm² e 4 cabos de 150 mm² do tipo **GTEPROM Flex 0,6/1 kV** (ver Anexo C). Conforme catálogo do Cabo unipolar **GTEPROM Flex 0,6/1 kV**, tem-se (ver Tabela 8):

Tabela 8: Dados construtivos do Cabo unipolar GTEPROM Flex 0,6/1 kV

| Seção nominal (mm ²) | d _c (mm) | e _i (mm) | e _{cob} (mm) |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| 50 | 9,4 | 1,0 | 1,2 |
| 150 | 16,6 | 1,4 | 1,4 |

Portanto,

$$V_{mc} (\text{cabo } 50 \text{ mm}^2) = 10 \times (\pi / 4) \times \{ [9,4 + 2 \times (1,0 + 1,4)]^2 - 9,4^2 \} \times 10^{-3} = 0,89 \text{ dm}^3/\text{m}$$

$$V_{mc} (\text{cabo } 150 \text{ mm}^2) = 4 \times (\pi / 4) \times \{ [16,6 + 2 \times (1,4 + 1,4)]^2 - 16,6^2 \} \times 10^{-3} = 0,68 \text{ dm}^3/\text{m}$$

$$V_{mc} (\text{total}) = 0,89 + 0,68 = 1,57 \text{ dm}^3/\text{m} \leq 3,5 \text{ dm}^3/\text{m}.$$

Isso implica que essa quantidade de cabos unipolar **GTEPROM Flex 0,6/1 kV** atende à prescrição da NBR 5410 quanto à ocupação máxima da bandeja tendo em vista o volume de material combustível permitido em seu interior.

5.11 Instalação em canaletas e perfilados

Conforme 6.2.11.4.1 da NBR 5410, nas canaletas instaladas sobre paredes, em tetos ou suspensas e nos perfilados, podem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares.

Os condutores isolados 450/750 V só podem ser utilizados em canaletas ou perfilados de paredes não perfuradas e com tampas que só possam ser removidas com auxílio de ferramenta.

No entanto, como exceção, admite-se o uso de condutores isolados de 450/750 V em canaletas ou perfilados sem tampa ou com tampa desmontável sem auxílio de ferramenta; ou em canaletas ou perfilados com paredes perfuradas, com ou sem tampa, desde que estes condutos sejam instalados em locais só acessíveis a pessoas advertidas (BA4) ou qualificadas (BA5); ou que os condutos sejam instalados a uma altura mínima de 2,50 m do piso (ver Figura 24).

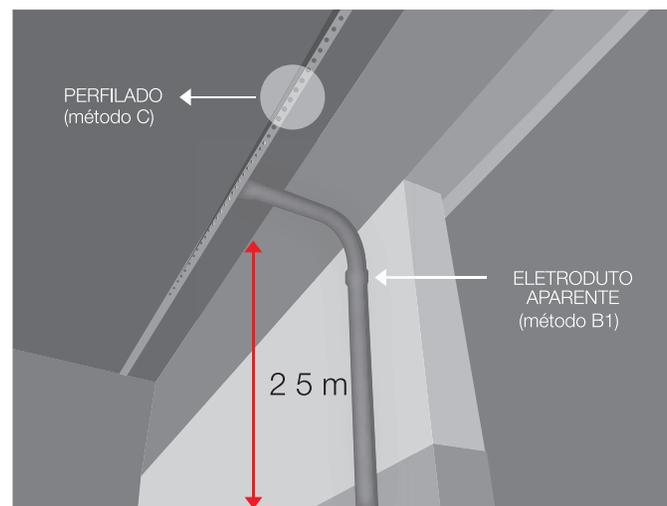


Figura 24: Caso em que é permitida a instalação de condutores isolados 450/750 V em perfilado sem tampa

5.12 Instalação em linhas enterradas

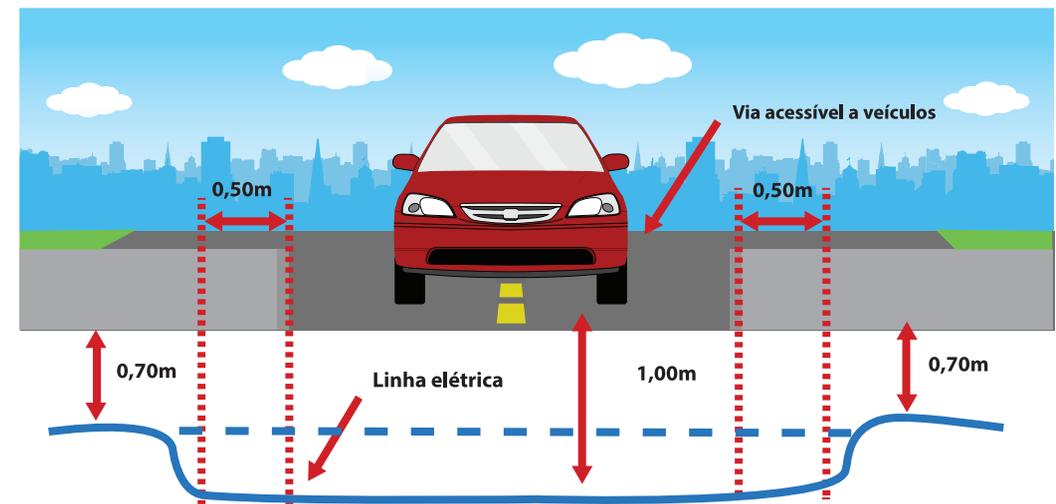
Conforme 6.2.11.6.1 da NBR 5410, em linhas enterradas (cabos diretamente enterrados ou contidos em eletrodutos enterrados) só são admitidos cabos unipolares ou multipolares 0,6/1 kV. Adicionalmente, em linhas com cabos diretamente enterrados desprovidas de proteção mecânica adicional só são admitidos cabos com armação.

Admite-se o uso de condutores isolados 450/750 V em eletroduto enterrado se, no trecho enterrado, não houver nenhuma caixa de passagem e/ou derivação enterrada e for garantida a estanqueidade do eletroduto.

Quando diretamente enterrados, os cabos 0,6/1 kV devem ser protegidos contra as deteriorações causadas por movimentação de terra, contato com corpos rígidos, choque de ferramentas em caso de escavações, bem como contra umidade e ações químicas causadas pelos elementos do solo.

Para prevenir contra os efeitos de movimentação de terra, os cabos devem ser instalados, em terreno normal, pelo menos a 0,70 m da superfície do solo. Essa profundidade deve ser aumentada para 1 m na travessia de vias acessíveis a veículos, incluindo uma faixa adicional de 0,50 m de largura de um lado e de outro dessas vias (ver Figura 26). 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 presentes.

Figura 26: Profundidades mínimas em instalações com cabos diretamente enterrados



Deve ser observado um afastamento mínimo de 0,20 m entre duas linhas elétricas enterradas que venham a se cruzar ou entre uma linha elétrica enterrada e qualquer linha não elétrica cujo percurso se avizinha ou cruze com o da linha elétrica. Esse afastamento, medido entre os pontos mais próximos das duas linhas, pode ser reduzido se as linhas elétricas e as não elétricas forem separadas por meios que proporcionem uma segurança equivalente.

As linhas elétricas enterradas devem ser sinalizadas, ao longo de toda a sua extensão, por um elemento de advertência (por exemplo, fita colorida) não sujeito a deterioração, situado, no mínimo, a 0,10 m acima da linha.

5.13 Instalação em linhas aéreas externas

Conforme 6.2.11.8.1 da NBR 5410, nas linhas aéreas externas podem ser utilizados condutores nus ou providos de cobertura resistente às intempéries, condutores isolados com isolamento resistente às intempéries, ou cabos multiplexados resistentes às intempéries (ver Figura 27) montados sobre postes ou estruturas.

Figura 27: Cabos resistentes às intempéries

Cabos autossustentados: NBR 8182



Cabo Multiplexado XLPE
(compacto de cobre)
0,6/1kV

Cabos não autossustentados: NBR 7285



Cabo Complex XLPE
(compacto de cobre)
0,6/1kV

5.14 Cabos para ligação de equipamentos

A nota 6.2.3.2 da NBR 5410 proíbe a utilização em instalações fixas de cabos fabricados conforme a norma ABNT NBR 13249:2000 - *Cabos e cordões flexíveis para tensões até 750 V – Especificação*.

Isto significa que estes cabos não podem ser utilizados em todas as maneiras de instalar previstas na NBR 5410 que estão resumidas na Tabela 33 da norma. Em outras palavras, não é permitido instalar cabos PP (500 ou 750 V) e cordões paralelos e torcidos em eletrodutos, perfilados, canaletas, bandejas, eletrocalhas, leitos, sobre isoladores e todos os outros tipos de linhas elétricas. Tais condutores são destinados exclusivamente para a ligação de equipamentos elétricos (eletrodomésticos, eletroeletrônicos, ferramentas elétricas, fornos, motores, etc) à linha fixa (tomadas de corrente, ligação direta aos condutores dos circuitos, etc).

O motivo principal desta proibição reside nas diferenças entre as características, propriedades físico-químicas e ensaios químicos, mecânicos e elétricos que são especificados nas normas dos cabos para instalações fixas (ver Item 3.3) e aqueles que são fabricados pela NBR 13249.

Deve-se atentar para o fato de que a norma NBR 13249 foi cancelada tempos depois da publicação da NBR 5410 em 2004, tendo sido substituída pelas seguintes normas:

- ABNT NBR NM 247-5:2009 - *Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) para tensões nominais até 450/750 V, inclusive - Parte 5: Cabos flexíveis (cordões) (IEC 60227-5, MOD)*. Esta Parte da NM 247 detalha as especificações particulares para cabos flexíveis (cordões) isolados com policloreto de vinila (PVC), com e sem cobertura, para tensões nominais até 300/500 V, inclusive. São exemplos de cabos fabricados conforme esta norma aqueles conhecidos popularmente como “cabos PP para 500 V”, além dos cordões “paralelos” e “torcidos” (ver Figura 28).

- ABNT NBR NM 287-4:2009 - *Cabos isolados com compostos elastoméricos termofixos, para tensões nominais até 450/750 V, inclusive - Parte 4: Cordões e cabos flexíveis (IEC 60245-4:2004 MOD)*. Esta parte da NM 287 detalha as especificações particulares para cordões isolados com borracha e cobertos com trança e para cordões e cabos flexíveis isolados com borracha e cobertos com borracha ou policloropreno ou outro elastômero sintético equivalente, para tensões nominais até 450/750 V, inclusive.

- ABNT NBR NM 243:2009 - Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) ou isolados com composto termofixo elastomérico, para tensões nominais até 450/750 V, inclusive – Inspeção e recebimento. Esta Norma estabelece os critérios para a realização de ensaios de inspeção e/ou recebimento de cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) ou com compostos termofixos elastoméricos, para tensões até 450/750 V, inclusive.

Figura 28: Cabos e cordões flexíveis para ligação de equipamentos com isolamento de PVC conforme NBR NM 247-5



6

DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES CONFORME A NBR 5410

6. DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES CONFORME A NBR 5410

Numa instalação elétrica fixa devem ser dimensionados os condutores de fase, o condutor neutro (quando existir) e os condutores do sistema de aterramento.

6.1 Condutores de fase

Conforme 6.2.6.1.2 da NBR 5410, a seção dos condutores de fase deve ser determinada de forma a que sejam atendidos, no mínimo, os seguintes critérios:

- As seções mínimas (ver item 6.1.1).
- A capacidade de condução de corrente dos condutores deve ser igual ou superior à corrente de projeto do circuito, incluindo as componentes harmônicas, afetada dos fatores de correção aplicáveis (ver item 6.1.2).
- Os limites de queda de tensão (ver item 6.1.3).
- A proteção contra sobrecargas (ver item 6.1.4).
- A proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas (ver item 6.1.5).

A cada critério corresponde uma seção, sendo que a seção técnica dos condutores de fase de um determinado circuito será a maior dentre elas.

6.1.1 Critério da seção mínima

Nas instalações fixas, independentemente da intensidade da corrente elétrica da carga, a seção dos condutores de fase não deve ser inferior ao valor indicado na Tabela 47 da NBR 5410 (ver Tabela 9).

Tabela 9: Seções mínimas de condutores de fase

| Tipo de Linha | | Utilização de Circuito | Seção mínima do condutor (mm ²) - material |
|----------------------------|-----------------------------|--|--|
| Instalações fixas em geral | Condutores e Cabos isolados | Circuitos de Iluminação | 1,5 Cu 16 Al |
| | | Circuitos de Força ² | 2,5 Cu 16 Al |
| | | Circuitos de sinalização e circuitos de controle | 0,5 Cu ³ |
| | Condutores nus | Circuitos de força | 10 Cu 16 Al |
| | | Circuitos de sinalização e circuitos de controle | 4 Cu |

6.1.2 Critério de capacidade de condução de corrente

O objetivo deste critério de dimensionamento é garantir a 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.

6.1.2.1 Capacidades de corrente dos cabos elétricos

O conceito neste critério é que a corrente transportada por qualquer condutor, incluindo as harmônicas (ver 6.1.2.6), durante períodos prolongados em funcionamento normal, deve ser tal que a temperatura máxima para serviço contínuo dada na Tabela 35 da norma não seja ultrapassada (ver Tabela 10).

Essa condição é atendida se a corrente nos cabos não for superior às capacidades de condução de corrente adequadamente escolhidas nas Tabelas 36 a 39 da NBR 5410 afetadas, se for o caso, dos fatores de correção dados nas Tabelas 40 a 45 da NBR 5410 (ver Tabelas do Anexo A).

Tabela 10: Temperaturas características dos condutores (Tabela 35 da NBR 5410)

| Tipo de Isolação | Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C |
|--|--|
| Cloreto de polivinila (PVC) até 300 mm ² Cabo não halogenado 70 °C | 70 |
| Cloreto de polivinila (PVC) maior que 300 mm ² Cabo não halogenado 70 °C | 70 |
| Borracha etilenopropileno (EPR) Cabo não halogenado 90 °C | 90 |
| Polietileno reticulado (XLPE) Cabo não halogenado 90 °C | 90 |

Para entender a estrutura das Tabelas 36 a 39, suponha-se um circuito que será chamado de “Circuito 1”, trifásico (3 condutores carregados), com corrente de projeto $I_B = 48$ A, condutor de cobre isolado em PVC (**Cabo Flexicom 450/750 V** – ver Anexo C), instalado sozinho em um eletroduto aparente (método de referência B1) e temperatura ambiente de 30°C. Como se trata de condutor isolado em PVC instalado no método B1, a Tabela a ser utilizada é a 36. A partir dessa escolha, a sequência de setas na Figura 29 indica o caminho que deve ser seguido até se obter a seção nominal de 10 mm² para este circuito. Note-se que deve ser escolhida na Tabela a corrente I_Z imediatamente superior ao valor de I_B .

Figura 29: Sequência para a determinação da seção nominal do condutor nas Tabelas 36 a 39

Tabela 36— Capacidade de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

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

► Condutor cobre/PVC (Cabo Flexicom 450/750 V)

Cobre/ Exemplo: $I_B = 48$ A; 3F; condutor cobre/PVC; eletroduto aparente; $\theta_a = 30^\circ\text{C}$

| Seções nominais mm ² | Métodos de Referência indicados na Tabela 33 | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| | A1 | | A2 | | B1 | | B2 | | C | | D | |
| | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) |
| | Cobre | | | | | | | | | | | |
| 0,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 8 | 9 | 8 | 10 | 9 | 12 | 10 |
| 0,75 | 9 | 9 | 9 | 9 | 11 | 10 | 11 | 10 | 13 | 11 | 15 | 12 |
| 1 | 11 | 10 | 11 | 10 | 13 | 12 | 13 | 12 | 15 | 14 | 18 | 15 |
| 1,5 | 14,5 | 13,5 | 14 | 13 | 17,5 | 15,5 | 16,5 | 15 | 19,5 | 17,5 | 22 | 18 |
| 2,5 | 19,5 | 18,5 | 18,5 | 17,5 | 24 | 21 | 23 | 20 | 27 | 24 | 29 | 24 |
| 4 | 26 | 24 | 25 | 23 | 32 | 28 | 30 | 27 | 36 | 32 | 38 | 31 |
| 6 | 34 | 31 | 32 | 29 | 41 | 36 | 38 | 34 | 46 | 41 | 47 | 39 |
| 10 | 46 | 42 | 44 | 39 | 57 | 50 | 52 | 46 | 63 | 57 | 63 | 52 |
| 16 | 61 | 56 | 57 | 52 | 76 | 68 | 69 | 62 | 85 | 76 | 81 | 67 |
| 25 | 80 | 73 | 75 | 68 | 101 | 89 | 90 | 80 | 112 | 96 | 104 | 86 |
| 35 | 99 | 99 | 92 | 83 | 125 | 110 | 111 | 99 | 138 | 119 | 125 | 103 |
| 50 | 119 | 108 | 110 | 99 | 159 | 134 | 133 | 118 | 168 | 144 | 148 | 122 |
| 70 | 151 | 136 | 139 | 125 | 192 | 171 | 168 | 149 | 213 | 184 | 183 | 151 |
| 95 | 182 | 164 | 167 | 150 | 232 | 210 | 201 | 179 | 258 | 223 | 216 | 179 |
| 120 | 210 | 188 | 192 | 172 | 269 | 239 | 233 | 206 | 299 | 259 | 246 | 203 |
| 150 | 240 | 216 | 219 | 196 | 309 | 275 | 268 | 236 | 344 | 299 | 278 | 230 |

Em todos os casos em que as dimensões dos arranjos diferem das condições indicadas na Tabela 33 da NBR 5410, recomenda-se consultar o fabricante de cabos para o cálculo dos fatores de correção adequados ou calcular diretamente as capacidades de condução de corrente para qualquer arranjo pela aplicação da norma ABNT NBR 11301.

A NBR 11301, baseada na 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*, refere-se ao funcionamento contínuo em regime permanente (fator de carga 100%), em corrente contínua ou em corrente alternada com frequência de 60 Hz. Essa é a condição normalmente considerada nos projetos usuais de instalações de edificações residenciais, comerciais e industriais de baixa tensão.

Não há norma ABNT NBR para dimensionamento de cabos elétricos de baixa tensão com regimes de operação cíclicos. Nestes casos, deve-se utilizar a norma 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*.

Tanto a IEC 60287-1-1 quanto a IEC 60853-1 são normas de difícil aplicação, pois contêm numerosos cálculos complexos, somente possíveis de realizar em tempo razoável por meio de uso de softwares específicos. Há alguns poucos softwares para estes dimensionamentos disponíveis no mercado, tais como o CYMCAP - *Cable Ampacity Calculation*, cuja versão original foi desenvolvida em conjunto pela Ontario Hydro (Hydro One), McMaster University e CYME International, com apoio da Canadian Electricity Association.

6.1.2.2 Fator de correção de temperatura ambiente

O valor da temperatura ambiente a utilizar no dimensionamento é o da temperatura do meio que envolve o condutor quando ele não estiver carregado.

Os valores de capacidade de condução de corrente fornecidos pelas Tabelas 36 a 39 da NBR 5410 são sempre referidos a uma temperatura ambiente de 30°C para todas as maneiras de instalar, exceto as linhas enterradas, cujas capacidades são referidas a uma temperatura (no solo) de 20°C.

Desta forma, se os condutores forem instalados em ambiente cuja temperatura seja diferente das indicadas, sua capacidade de condução de corrente deve ser determinada usando-se as Tabelas 36 a 39, com a aplicação dos fatores de correção de temperatura dados na Tabela 40 da norma (ver Tabelas do Anexo A).

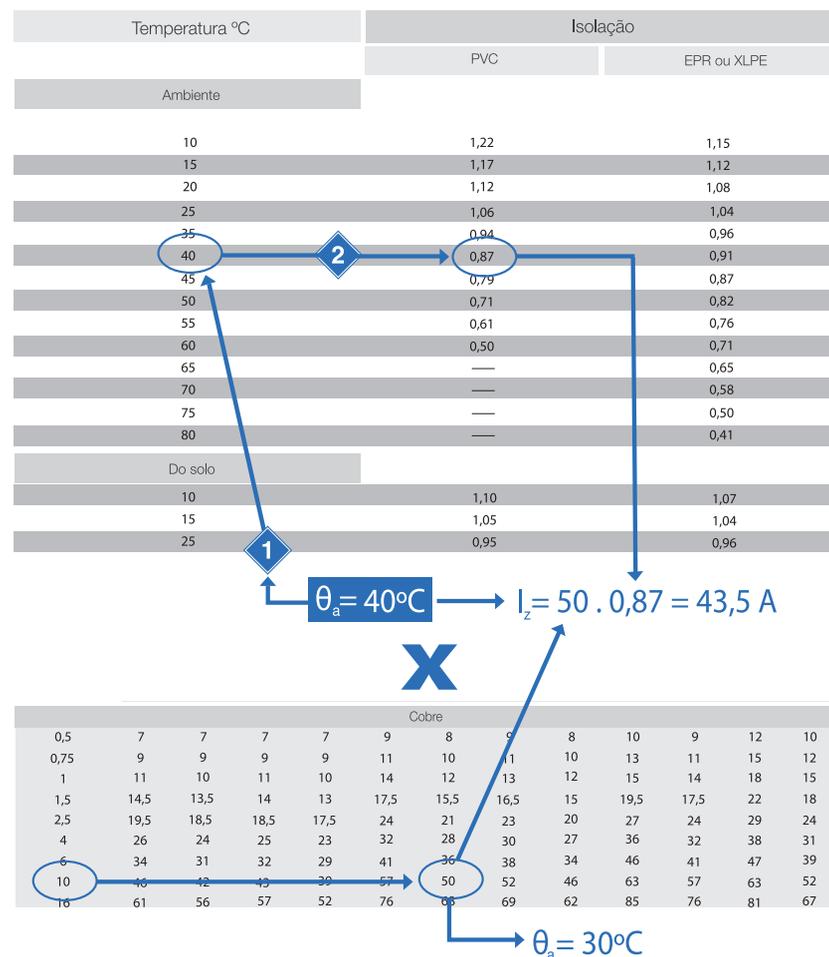
É importante considerar que, no caso de instalações sujeitas a intempéries, os fatores de correção da Tabela 40 da norma não consideram o aumento de temperatura devido à radiação solar ou a outras radiações infravermelhas.

Quando os condutores forem submetidos a tais radiações, as capacidades de condução de corrente devem ser calculadas pelos métodos especificados na ABNT NBR 11301.

Para entender a aplicação do fator de correção de temperatura, considera-se o “circuito 1” anteriormente utilizado, porém, com temperatura ambiente de 40°C. A Figura 30 apresenta as Tabelas 36 e 40 lado a lado e a sequência de setas indica o caminho que deve ser seguido até se obter a nova capacidade de corrente da seção nominal de 10 mm² referida a 40°C. Note-se que o valor obtido ($I_z = 43,5$ A) é menor do que a corrente de projeto $I_B = 48$ A e, portanto, a seção do condutor deverá ser aumentada.

Figura 30: Sequência para a aplicação do fator de correção de temperatura

Exemplo: $I_B = 48$ A; 3F ; condutor cobre/PVC ; eletroduto aparente ; $\theta_a = 40^\circ\text{C}$



6.1.2.3 Fator de correção para agrupamento de circuitos

Os valores de capacidade de condução de corrente fornecidos pelas Tabelas 36 a 39 da norma são válidos para o número de condutores carregados que se encontra indicado em cada uma de suas colunas.

Para linhas elétricas contendo um total de condutores superior às quantidades indicadas nas Tabelas 36 a 39, a capacidade de condução de corrente dos condutores de cada circuito deve ser determinada usando-se as Tabelas 36 a 39, com a aplicação dos fatores de correção pertinentes dados nas Tabelas 42 a 45 relativas aos fatores de agrupamento (ver Tabelas do Anexo A).

Os condutores para os quais se prevê uma corrente de projeto não superior a 30% de sua capacidade de condução de corrente já determinada, observando-se o fator de agrupamento incorrido, podem ser desconsiderados para efeito de cálculo do fator de correção aplicável ao restante do grupo.

São os casos, por exemplo, de condutores que tiveram sua seção nominal aumentada em decorrência do atendimento ao critério de queda de tensão.

Os fatores de agrupamento foram calculados admitindo-se todos os condutores vivos permanentemente carregados com 100% de sua carga. Caso o carregamento seja inferior a 100%, os fatores de correção podem ser aumentados, porém, a norma não traz nenhuma indicação de quais fatores devem ser utilizados.

Neste caso, a aplicação da NBR 11301 não é possível, pois ela trata apenas de circuitos com 100% de carga e deve-se, a partir da determinação do ciclo de carregamento do cabo, utilizar a norma IEC 60853-1 mencionada anteriormente.

Os fatores de correção da Tabela 42 da norma são aplicáveis a condutores agrupados em feixe, seja em linhas abertas ou fechadas (os fatores pertinentes são os da linha 1 da Tabela 42), e a condutores agrupados num mesmo plano e numa única camada (demais linhas da Tabela).

Por sua vez, os fatores de correção da Tabela 43 são aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores.

Assim, no caso de agrupamento em camadas, os fatores de correção aplicáveis são os da Tabela 42, quando a camada for única, ou os da Tabela 43, quando houver mais de uma camada. E os fatores de agrupamento da Tabela 44 devem ser aplicados aos cabos diretamente enterrados e os da Tabela 45 a linhas em eletrodutos enterrados.

A Figura 31 indica através das setas o procedimento para a determinação do fator de correção por agrupamento a ser utilizado no caso de uma bandeja não perfurada que contém quatro circuitos trifásicos com cabos unipolares em camada única.

Figura 31: Sequência para a aplicação do fator de correção de agrupamento da Tabela 42

Tabela 42— Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

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



A Figura 32 indica através das setas o procedimento para a determinação do fator de correção por agrupamento a ser utilizado no caso de uma bandeja não perfurada que contém quatro circuitos trifásicos com cabos unipolares em três camadas.

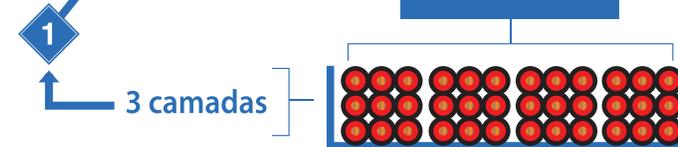
Figura 32 – Sequência para a aplicação do fator de correção de agrupamento da Tabela 43

Tabela 43— Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores - Métodos de referência C (tabela 36 e 37), E e F (tabelas 38 e 39)

| Quantidade de camadas | | Quantidade de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares por camada | | | | |
|-----------------------|----------|--|------|--------|-------|----------|
| | | 2 | 3 | 4 ou 5 | 6 a 8 | 9 e mais |
| 2 | 2 | 0,68 | 0,62 | 0,60 | 0,58 | |
| | 3 | 0,67 | 0,62 | 0,55 | 0,53 | |
| | 4 ou 5 | 0,60 | 0,55 | 0,52 | 0,51 | |
| | 6 a 8 | 0,58 | 0,53 | 0,51 | 0,49 | |
| | 9 e mais | 0,56 | 0,51 | 0,49 | 0,48 | |

NOTAS

- Os fatores são válidos independentemente se horizontal ou vertical.
- Sobre condutores agrupados em uma única camada (linhas 2 a 5 da tabela).
- Se forem necessários valores mais precisos, consulte a NBR 11301.

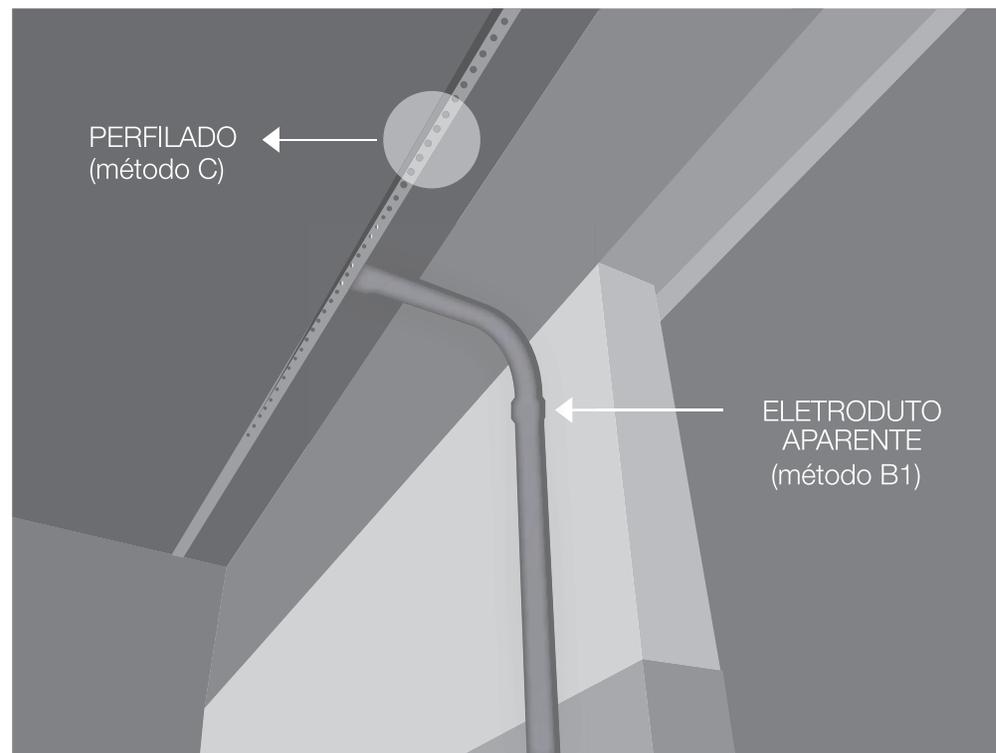


6.1.2.4 Variações das condições de instalação num percurso

Quando forem identificadas, ao longo do percurso previsto de uma linha elétrica, diferentes condições de resfriamento (dissipação de calor), as capacidades de condução de corrente dos seus condutores devem ser determinadas com base nas condições mais desfavoráveis encontradas.

O exemplo da Figura 33 mostra um caso onde houve a mudança do método de instalação dos condutores de perfurado perfurado (método C) para eletroduto aparente (método B1).

Figura 33: Mudança de maneiras de instalar um cabo ao longo do percurso



6.1.2.5 Linhas elétricas enterradas

A NBR 5410 considera que as linhas elétricas enterradas incluem os casos de cabos elétricos diretamente enterrados e os cabos elétricos no interior de condutos (geralmente eletrodutos) enterrados. Em algumas prescrições a norma não faz nenhuma diferenciação entre estas duas maneiras de instalar, enquanto que em outras situações há diferenças entre os casos.

A Tabela 33 da norma reconhece as linhas elétricas enterradas nos Métodos de instalação números 61, 61A e 63, conforme Tabela 11.

Tabela 11: Linhas enterradas conforme Tabela 33 da NBR 5410

| Métodos de instalação número | Esquema ilustrativo | Descrição | Métodos de referência ¹ |
|------------------------------|---------------------|---|------------------------------------|
| 61 | | Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não ventilada enterrado (a). | D |
| 61A | | Cabos unipolares em eletroduto (de seção não circular ou não) ou em canaleta não ventilada enterrado(a) ⁸⁾ | D |
| 63 | | Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado (s), com proteção mecânica adicional ⁹⁾ | D |

Apesar dos Métodos de instalação 61 e 61A serem para cabos em eletrodutos ou canaletas enterrados, e o Método 63 ser para cabos diretamente enterrados, o método de referência indicado é o mesmo nos três casos (Método D).

É evidente que, sob o ponto de vista térmico, cabos unipolares e tripolares, assim como cabos diretamente enterrados ou em eletrodutos ou canaletas enterrados, têm capacidades diferentes de condução de corrente. No entanto, por simplificação, a NBR 5410 unificou essas diferentes capacidades em uma só tabela.

Nas situações em que valores mais precisos são necessários, a seção 6.2.5.2.3 da NBR 5410 indica a utilização da norma NBR 11301 para a realização dos cálculos necessários.

Profundidade da instalação dos cabos

Em relação à profundidade de instalação das linhas enterradas, não há qualquer fator de correção indicado na norma de instalações e, mais uma vez, caso seja necessário um tratamento específico, o assunto deve ser resolvido com o uso da NBR 11301. Os valores de capacidade de corrente da norma para o Método de instalação D foram calculados para uma profundidade de 0,7 m.

Em geral, a influência da profundidade da instalação dos cabos é pequena. Quando a profundidade é aumentada, diminui a temperatura ambiente (solo), assim como geralmente também é reduzida a resistividade térmica específica do solo. Isto acontece porque normalmente as partes mais profundas são mais úmidas e conservam mais uniformemente a umidade do que as camadas mais próximas da superfície. Assim, para as profundidades “normais” de instalação dos cabos – 70 a 120 cm – não é necessário aplicar nenhum fator de correção na capacidade de correção dos condutores por causa da profundidade.

Agrupamento de circuitos enterrados

Sobre o agrupamento de vários circuitos em linhas enterradas, as Tabelas 44 e 45 da norma apresentam os fatores de correção apropriados.

Resistividade térmica do solo

A resistividade térmica de um solo comum com umidade “normal” pode variar de 0,5 K.m/W (argila pura), passando por 1,0 K.m/W (areia com um pouco de argila), atingindo valores de 5,0 K.m/W em terrenos com impurezas, tais como escórias, resíduos industriais, materiais orgânicos, etc. É importante saber que a umidade do terreno afeta significativamente a resistividade térmica do solo. Por exemplo, um aumento de umidade de 2% para 10% pode reduzir pela metade a resistividade do solo (ERA Report F/T182).

Para considerar uma situação aproximadamente “média” entre estes valores, assumindo a umidade constante, nas Tabelas 36 e 37 da NBR 5410 as capacidades de condução de corrente indicadas para linhas subterrâneas (Método de referência D) são válidas para uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W.

Quando a resistividade térmica do solo for superior a 2,5 K.m/W, os valores indicados nas Tabelas devem ser adequadamente reduzidos, a menos que o solo na vizinhança imediata dos condutores seja substituído por terra ou material equivalente com dissipação térmica mais favorável. A Tabela 41 da norma (ver Tabela no Anexo A) fornece fatores de correção para resistividades térmicas do solo diferentes de 2,5 K.m/W.

O procedimento para a aplicação do fator de correção para resistividade do solo é semelhante àquele explicado para o fator de correção de temperatura.

6.1.2.6 Corrente de projeto incluindo as harmônicas

As tensões e correntes harmônicas “vieram a bordo” dos equipamentos eletrônicos em geral e dos equipamentos de tecnologia da informação, em particular. Os circuitos desses aparelhos introduzem deformações nas senóides que estão presentes nas redes elétricas. A decomposição desses sinais deformados em somas de senóides perfeitas de diferentes amplitudes e frequências resulta nas chamadas componentes harmônicas de um sinal.

Em 6.2.6.1.2.a) da norma, indica-se que a capacidade de condução de corrente dos condutores de fase deve ser igual ou superior à corrente de projeto (I_B) do circuito, incluindo as componentes harmônicas.

O valor eficaz da corrente de projeto (I_B) em um circuito percorrido por correntes harmônicas de ordens 1, 2,...n, com valores eficazes respectivamente I_1, I_2, \dots, I_n é dado por:

$$I_B = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}$$

Por exemplo, seja um caso onde as correntes que estão presentes em um circuito são de ordens 1 (fundamental), 3 (terceira harmônica), 5 (quinta) e 7 (sétima), com intensidades (valores eficazes) de, respectivamente, 110 A, 57 A, 25 A e 17 A. Nessas condições, a corrente de projeto I_B a considerar no cálculo da seção dos condutores desse circuito é calculada por:

$$I_B = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_7^2} = \sqrt{(110)^2 + (57)^2 + (25)^2 + (17)^2} = 127 \text{ A}$$

6.1.2.7 Exemplo de dimensionamento

O exemplo a seguir ilustra um caso de dimensionamento dos condutores de fase pelo critério de capacidade de corrente onde são aplicados todos os fatores de correção previstos na NBR 5410 (temperatura, agrupamento e carregamento de neutro).

Nos casos onde não existirem todas as condições abordadas neste exemplo, devem ser dispensados os cálculos correspondentes, ignorando-se os fatores de correção correspondentes.

Sejam os circuitos (A), (B) e (C), 220/380 V, constituídos por cabos unipolares não halogenados (**Cabos Superatox Flex HEPR 90°C – 0,6/1 kV** – ver Anexo C), instalados em leito, com temperatura ambiente de 40°C.

- Circuito (A): trifásico; corrente de projeto (incluindo as harmônicas) = $I_{BA} = 85$ A; $THD_3 = 32\%$.
- Circuito (B): trifásico com neutro (circuito não equilibrado); corrente de projeto (incluindo as harmônicas) = $I_{BB} = 100$ A; $THD_3 = 38\%$.
- Circuito (C): bifásico; corrente de projeto (incluindo as harmônicas) = $I_{BC} = 90$ A; $THD_3 = 15\%$.

Fatores de correção comuns aos três circuitos:

- Fator de correção de temperatura (f_1) – Tabela 40 (Anexo A) – 40°C (ambiente) / isolamento EPR → $f_1 = 0,91$.
- Fator de correção de agrupamento (f_2) – Tabela 42 (Anexo A) – camada única sobre leito - 3 circuitos → $f_2 = 0,82$.
- Fator de correção de carregamento do neutro (f_3) aplicável apenas ao Circuito B – conforme 6.2.5.6 da NBR 5410 → $f_3 = 0,86$ (página 111 da NBR 5410).

Correntes fictícias de projeto (I'_B)

$$I'_B = I_B / f_1 \times f_2 \times f_3$$

Tabela 12

| Circuito | I_B (A) | f_1 | f_2 | f_3 | I'_B (A) |
|----------|-----------|-------|-------|---------|------------|
| A | 85 | 0,91 | 0,82 | ---x--- | 114 |
| B | 100 | 0,91 | 0,82 | 0,86 | 156 |
| C | 90 | 0,91 | 0,82 | ---x--- | 121 |

Escolha da seção nominal

- Tabela 33 (Anexo A) – leito / cabo unipolar / Método de instalação 16 → Método de referência F.
- Tabela 39 (Anexo A) – Cabo Cu / EPR, unipolar / Método de referência F.

Tabela 13

| Circuito | Número de condutores carregados | I'_B (A) | S (mm ²) |
|----------|---------------------------------|------------|----------------------|
| A | 3 (trifólio) | 114 | 25 |
| B | 4 ("trifólio") | 156 | 35 |
| C | 2 | 121 | 16 |

As capacidades de condução de corrente (I_Z) dos condutores escolhidos para cada circuito nas condições reais de instalação e funcionamento (considerando todos os fatores de correção) são dadas por: $I_Z = I_{Z \text{ tabela}} \times f_1 \times f_2 \times f_3$.

Considerando-se então a Tabela 39 (Anexo A) – Cabo Cu / EPR, unipolar / Método de referência F, tem-se:

Tabela 14

| Circuito | S (mm ²) | $I_{Z \text{ tabela}}$ (A) | f_1 | f_2 | f_3 | I_Z (A) |
|----------|----------------------|----------------------------|-------|-------|---------|-----------|
| A | 25 | 135 | 0,91 | 0,82 | ---x--- | 101 |
| B | 35 | 169 | 0,91 | 0,82 | 0,86 | 108 |
| C | 16 | 121 | 0,91 | 0,82 | ---x--- | 90 |

6.1.3 Critério de queda de tensão

Conforme 6.2.7 da NBR 5410, para o cálculo da queda de tensão num circuito deve ser utilizada a corrente de projeto do circuito (I_B), incluindo as correntes harmônicas. No caso de motores, a corrente de projeto deve incluir o fator de serviço (se existir).

Em qualquer ponto de utilização da instalação, a queda de tensão verificada não deve ser superior aos valores dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação, conforme indicado a seguir:

- a) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da unidade consumidora (Figura 34).
- b) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado (Figura 34).
- c) 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição (Figura 35).
- d) 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio (Figura 35).

Nos casos das alíneas a), b) e d), quando as linhas principais da instalação tiverem um comprimento superior a 100 metros, as quedas de tensão podem ser aumentadas de 0,005% por metro de linha superior a 100 m, sem que, no entanto, essa suplementação seja superior a 0,5%. Por exemplo, uma linha com 500 metros pode ter um acréscimo de $0,005 / 100 \times 400 = 0,02\%$ no limite de queda em relação aos valores indicados acima.

Em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser superior a 4%.

Figura 34: Queda de tensão máxima em instalação BT – transformador ou gerador próprio

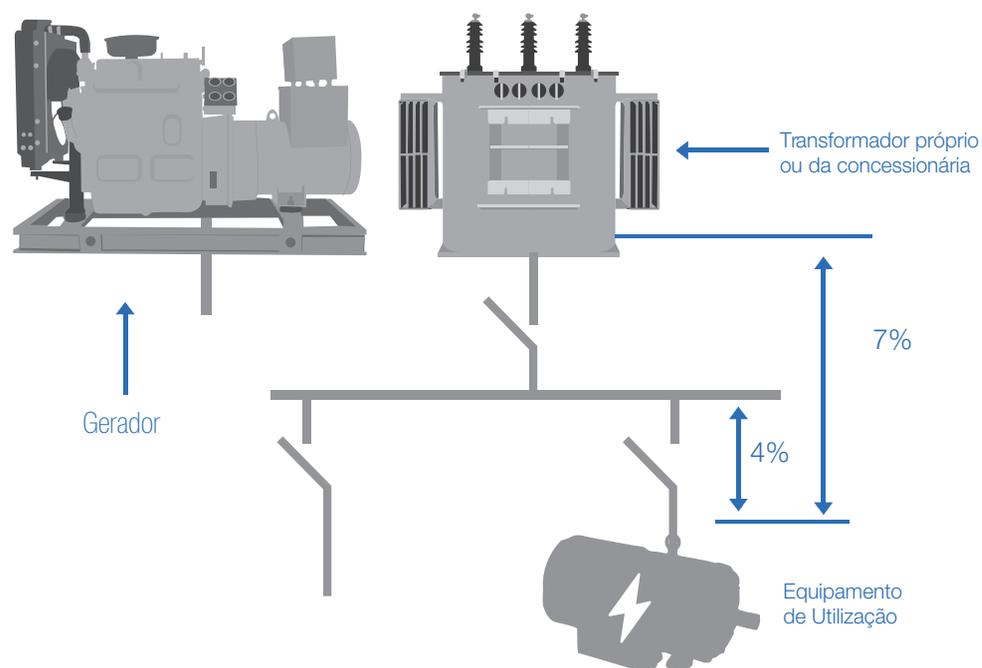
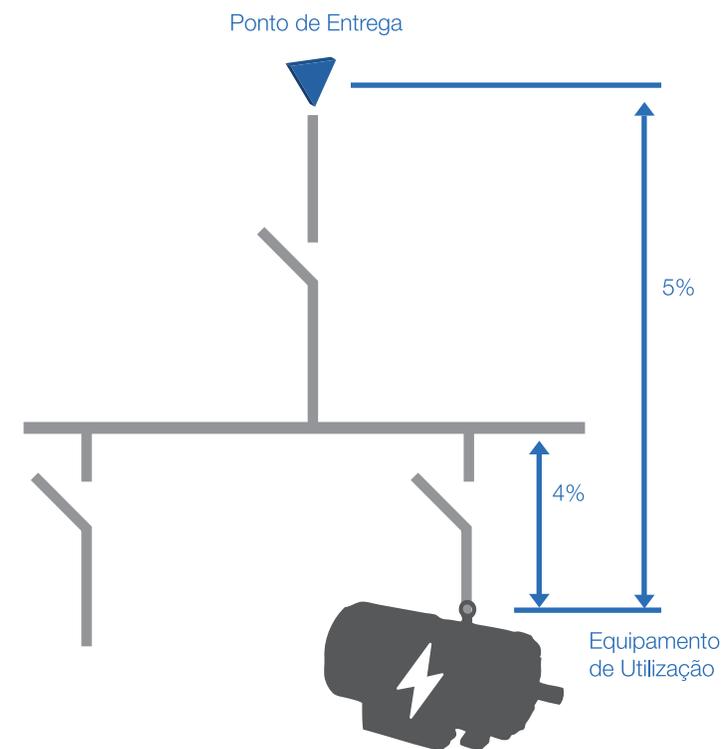


Figura 35: Queda de tensão máxima em instalação BT – fornecimento em tensão secundária



A queda de tensão (ΔU) em um trecho de uma instalação é dada por:

$$\Delta U = (V/A.km) \cdot I_B \times \ell$$

Onde:

- ΔU é a queda de tensão em volts.
- $(V/A.km)$ é um valor fornecido pelos fabricantes de cabos (e corresponde aproximadamente à impedância do cabo) – ver Tabelas B1, B2 e B3 no Anexo B.
- I_B é a corrente de projeto (em A), incluindo as harmônicas.
- ℓ é o comprimento do circuito (em km).

Na expressão acima, o valor de $(V/A.km)$, que será indicado por Z_c , é único para uma determinada seção de cabo. Isso significa que, para determinar a seção do cabo pelo critério de queda de tensão, basta calcular o valor de Z_c , entrar com ele na Tabela B1, B2 ou B3 de cabos e encontrar a seção nominal do condutor correspondente.

Assim, da expressão anterior: $Z_c = U / I_B \times \ell$

Exemplo de dimensionamento

Sejam os circuitos (A), (B) e (C), 220/380 V, constituídos por cabos unipolares não halogenados (**Cabos Superatox Flex HEPR 90°C – 0,6/1 kV** – Ver Anexo C), instalados em leito, com temperatura ambiente de 40°C. Todos os circuitos têm comprimento de 30 m e fator de potência de 0,80. Admite-se uma queda de tensão máxima de 1,5%.

- Circuito (A): trifásico; corrente de projeto (incluindo as harmônicas) = $I_{BA} = 85$ A; $THD_3 = 32\%$.
- Circuito (B): trifásico com neutro (circuito não equilibrado); corrente de projeto (incluindo as harmônicas) = $I_{BB} = 100$ A; $THD_3 = 38\%$.
- Circuito (C): bifásico; corrente de projeto (incluindo as harmônicas) = $I_{BC} = 90$ A; $THD_3 = 15\%$.

Assim:

$$\Delta U = 1,5\% \rightarrow 1,5\% \text{ de } 380 \text{ V} \rightarrow \Delta U = 5,7 \text{ V}$$

$$\ell = 30 \text{ m} = 0,03 \text{ km.}$$

$$Z_c = \Delta U / I_B \times \ell$$

- Circuito (A): $Z_c = 5,7 / 85 \times 0,03 = 2,24 \text{ V/A.km}$
- Circuito (B): $Z_c = 5,7 / 100 \times 0,03 = 1,90 \text{ V/A.km}$
- Circuito (C): $Z_c = 5,7 / 90 \times 0,03 = 2,11 \text{ V/A.km}$

Conforme Tabela B3 (Anexo B), fator de potência = 0,8:

- Circuito (A): cabos unipolares em trifólio; $Z_c = 2,24 \text{ V/A.km} \rightarrow$ escolhe-se na tabela 2,05 V/A.km por ser o valor imediatamente inferior a $Z_c \rightarrow$ condutor 16 mm².
- Circuito (B): cabos unipolares em trifólio; $Z_c = 1,90 \text{ V/A.km} \rightarrow$ escolhe-se na tabela 1,34 V/A.km por ser o valor imediatamente inferior a $Z_c \rightarrow$ condutor 25 mm².
- Circuito (C): cabos unipolares justapostos; $Z_c = 2,11 \text{ V/A.km} \rightarrow$ escolhe-se na tabela 1,52 V/A.km por ser o valor imediatamente inferior a $Z_c \rightarrow$ condutor 25 mm².

Com isso, podemos calcular a queda de tensão efetiva no circuito, como segue:

- Circuito (A):

$$\Delta U = Z_c \times I_B \times \ell = 2,05 \times 85 \times 0,03 = 5,23 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = (5,23 / 380) \times 100\% = 1,38\% < 1,5\% \text{ que é a máxima queda de tensão admitida neste circuito, conforme o enunciado.}$$

- Circuito (B):

$$\Delta U = Z_c \times I_B \times \ell = 1,34 \times 100 \times 0,03 = 4,02 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = (4,02 / 380) \times 100\% = 1,06\% < 1,5\% \text{ que é a máxima queda de tensão admitida neste circuito, conforme o enunciado.}$$

- Circuito (C):

$$\Delta U = Z_c \times I_B \times \ell = 1,52 \times 90 \times 0,03 = 4,10 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = (4,10 / 380) \times 100\% = 1,08\% < 1,5\% \text{ que é a máxima queda de tensão admitida neste circuito, conforme o enunciado.}$$

6.1.4 Critério de proteção contra corrente de sobrecarga

6.1.4.1 Condições de proteção

Todo circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente quando ela ultrapassar o valor da capacidade de condução de corrente nominal em pelo menos um de seus condutores, podendo provocar uma deterioração da instalação, caso permaneça por tempo prolongado.

A interrupção da corrente de sobrecarga deve acontecer em um tempo suficientemente curto para que os condutores não atinjam os valores de temperatura especificados na Tabela 15.

Tabela 15: Temperaturas limites de sobrecarga dos condutores (Tabela 35 da NBR 5410)

| Tipo de Isolação | Temperatura limite de sobrecarga (condutor °C) |
|--|--|
| Cloreto de polivinila (PVC) até 300 mm ² Cabo não halogenado 70 °C | 100 |
| Cloreto de polivinila (PVC) maior que 300 mm ² Cabo não halogenado 70 °C | 100 |
| Borracha etilenopropileno (EPR) Cabo não halogenado 90 °C | 130 |
| Polietileno reticulado (XLPE) Cabo não halogenado 90 °C | 130 |

Para que a proteção dos condutores contra sobrecargas fique assegurada, as características de atuação do dispositivo destinado a provê-la devem ser tais que (Figura 36):

- a) $I_B \leq I_N \leq I_Z$
 b) $I_2 \leq 1,45 I_Z$

Onde:

- I_B é a corrente de projeto do circuito.
- I_Z é a capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação.
- I_N é a corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação.
- I_2 é a corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis.

Tendo em vista as características dos disjuntores e fusíveis definidas em suas respectivas normas no que diz respeito às correntes e tempos de atuações, as duas condições anteriores podem ser simplificadas conforme a seguir:

Disjuntores

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

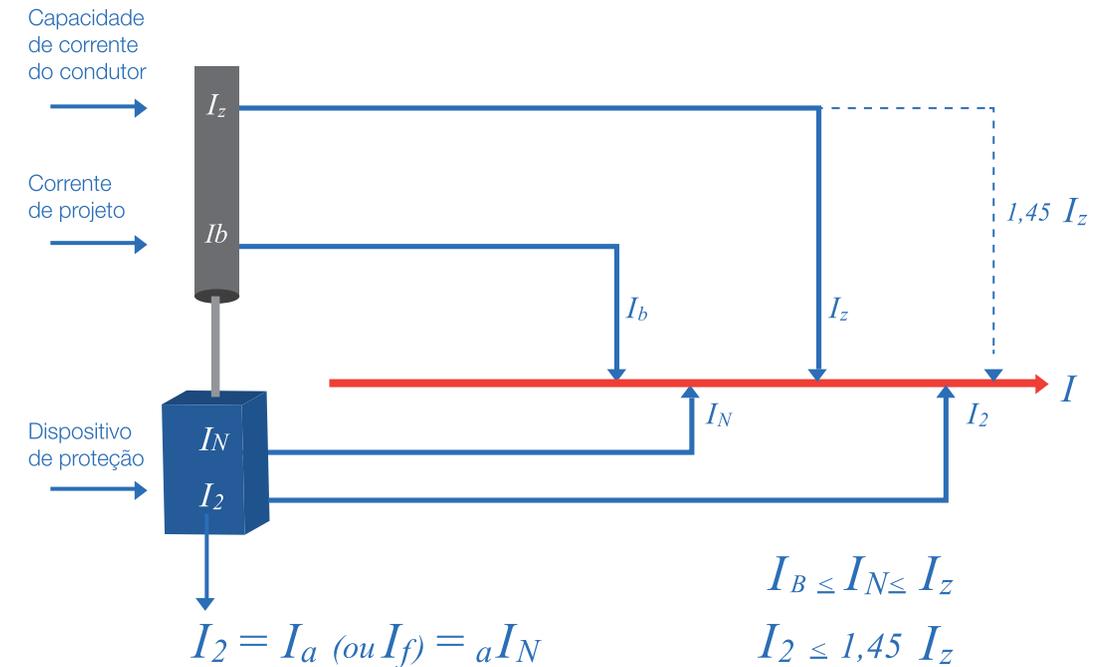
Fusíveis

$$I_N \leq 1,45 I_Z / a$$

Sendo

- $a = 1,9 I_N$ para fusíveis com $I_N \leq 10 \text{ A}$
 $a = 1,75 I_N$ para fusíveis com $I_N < 10 \leq 25 \text{ A}$
 $a = 1,6 I_N$ para fusíveis com $I_N < 1.000 \text{ A}$

Figura 36: Condição de proteção contra sobrecargas

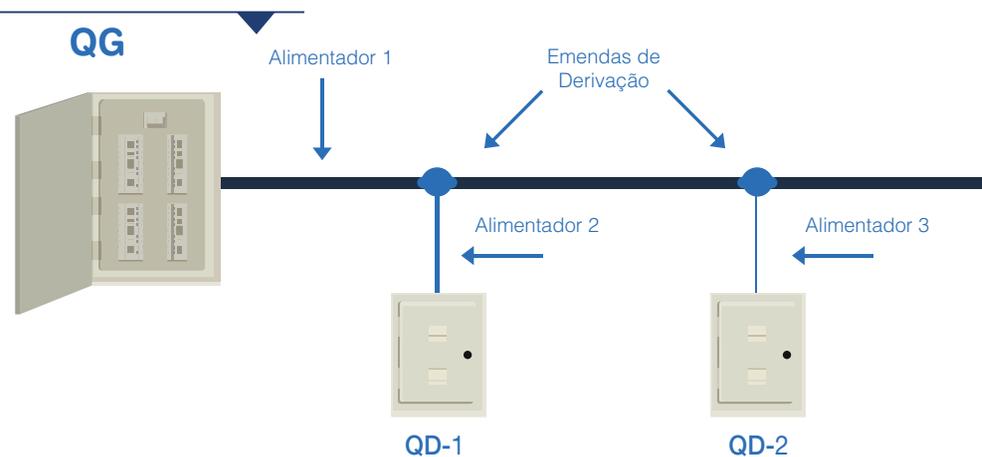


6.1.4.2 Localização dos dispositivos que asseguram proteção contra sobrecargas

Em 5.3.4.2, a norma estabelece que devem ser providos dispositivos que assegurem proteção contra sobrecargas em todos os pontos onde uma mudança (por exemplo: de seção, de natureza, de maneira de instalar ou de constituição) resulte em redução do valor da capacidade de condução de corrente dos condutores.

No caso da Figura 37, se os Alimentadores 1, 2 e 3 tiverem a mesma seção nominal, então não é necessário instalar nenhum dispositivo de proteção contra sobrecargas no ponto onde é realizada a emenda de derivação.

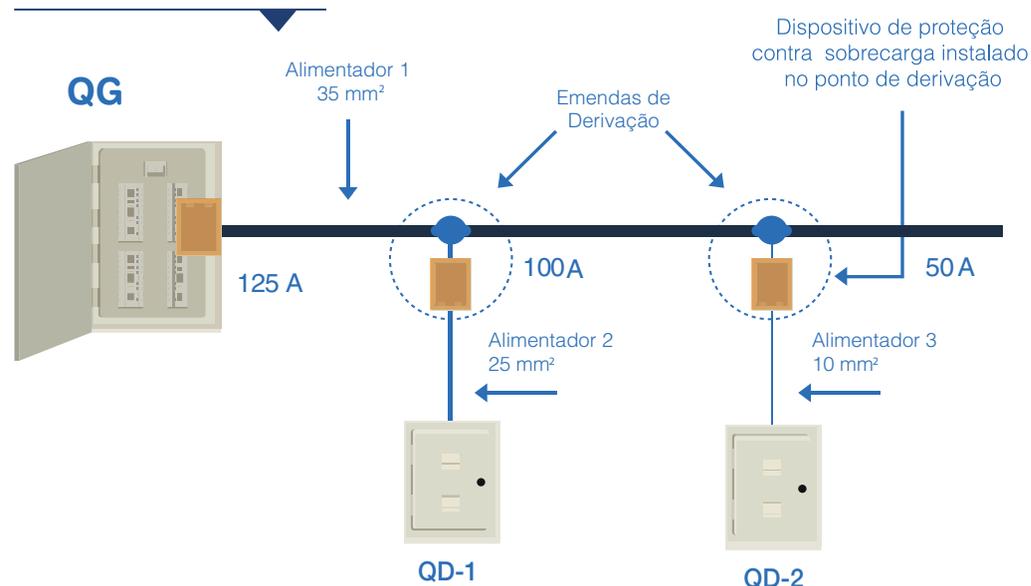
Figura 37: Circuitos com mesma seção nominal



No entanto, se houver seções diferentes, a regra geral determina que deve ser instalado um dispositivo na emenda.

Pode-se imaginar uma situação como esta se o Alimentador 1 tem seção de 35 mm^2 , o Alimentador 2 tem seção de 25 mm^2 e o Alimentador 3 tem seção de 10 mm^2 . Neste exemplo, cada alimentador deverá ter um dispositivo de proteção que atenda às prescrições de 5.3.4.1 da norma. Poderia ser o caso do Alimentador 1 ser protegido contra sobrecargas por um disjuntor de 125 A, o Alimentador 2 por um disjuntor de 100 A e o Alimentador 3 por um disjuntor de 50 A, conforme indicado na Figura 38.

Figura 38: Circuitos com seções nominais diferentes



6.1.4.3 Deslocamento do dispositivo de proteção

Em 5.3.4.2.2 da NBR 5410, prescreve-se que o dispositivo destinado a proteger uma linha elétrica contra sobrecargas pode não ser posicionado exatamente no ponto de derivação, mas deslocado ao longo do percurso da linha se a parte da linha compreendida entre a mudança de seção e o dispositivo de proteção não possuir nenhuma derivação, nenhuma tomada de corrente e atender a pelo menos uma das duas condições seguintes: (a) estar protegida contra curtos-circuitos ou (b) seu comprimento não exceder 3 m, ser instalada de modo a reduzir ao mínimo o risco de curto-circuito e não estar situada nas proximidades de materiais combustíveis.

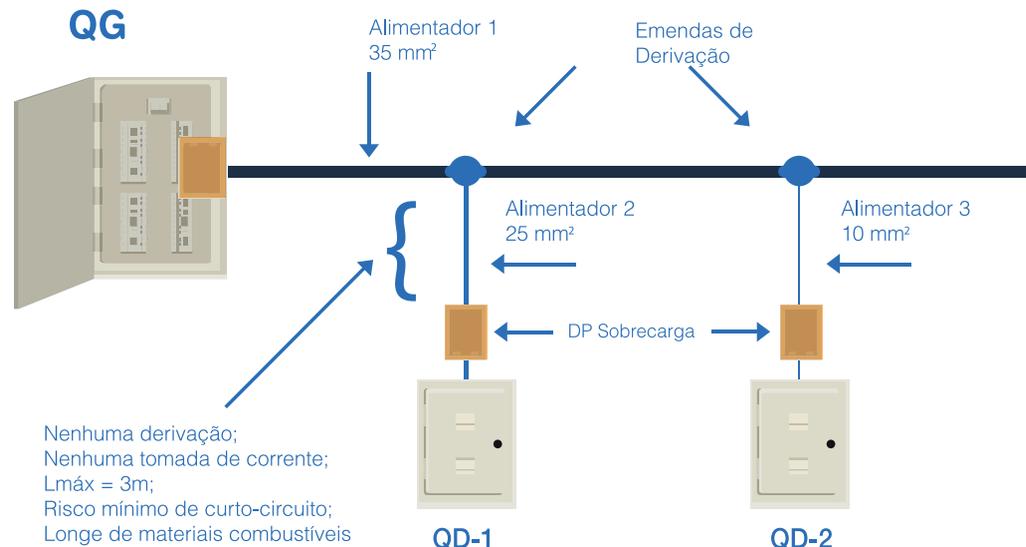
A Figura 39 ilustra o caso (b), onde se verifica que, se o comprimento do condutor entre a derivação e o quadro de distribuição for menor do que três metros, o dispositivo de proteção contra sobrecargas poderá estar situado no interior do quadro.

A situação prevista em (a) seria aquela em que, por exemplo, existiria um dispositivo de proteção contra curtos-circuitos (disjuntor ou fusível) instalado no quadro geral (QG) que atuaria no caso da ocorrência de um curto-circuito em qualquer ponto entre a derivação e o quadro de distribuição (Alimentadores 2 ou 3 da Figura 39).

Como indicado, nesta condição seria dispensada a instalação do dispositivo de proteção contra sobrecargas em qualquer ponto dos Alimentadores 2 e 3 do exemplo.

Em todos os casos a norma indica que deve ser reduzido ao mínimo o risco de curto-circuito nas derivações. Isto pode ser atendido pela escolha adequada do tipo de linha elétrica em função das influências externas existentes no local da instalação.

Figura 39: Deslocamento do dispositivo de proteção



6.1.4.4 Omissão da proteção contra sobrecargas

As prescrições a seguir não são válidas para locais com riscos de incêndio (BE2) ou explosões (BE3) previstos na Tabela 22 da NBR 5410. Assim, ao invés de instalar dispositivos de proteção contra sobrecargas na derivação (Figura 38) ou em algum ponto deslocado ao longo da linha elétrica (Figura 39), existem três situações em que simplesmente estes dispositivos de proteção podem nem existir, a saber:

(a) Quando o circuito de derivação (Alimentadores 2 e 3 nos exemplos anteriores) for protegido a montante (atrás) por dispositivo contra sobrecargas. Seria o caso, por exemplo, de existir no QG das figuras anteriores um dispositivo de proteção que atuasse quando da ocorrência de uma sobrecarga no Alimentador 2 ou 3. Para que isso ocorresse, as condições de 5.3.4.1 da norma deveriam ser atendidas, o que é muito raro acontecer na prática quando se tratam de condutores com seções nominais muito diferentes.

(b) Quando o circuito de derivação não estiver sujeito à circulação de correntes de sobrecarga, estiver protegido contra curtos-circuitos e não possuir derivação ou tomada de corrente. Esta também é uma situação pouco usual na maioria das instalações elétricas, principalmente no que diz respeito a não existir a possibilidade de circulação de correntes de sobrecarga. Além disso, deveria existir um dispositivo de proteção contra curtos-circuitos (disjuntor ou fusível) instalado no quadro geral (QG) que atuaria no caso da ocorrência de um curto-circuito em qualquer ponto entre a derivação e o quadro de distribuição (Alimentadores 2 ou 3 da Figura 39).

(c) Podem ser omitidos dispositivos de proteção contra sobrecargas em todas as derivações de linhas de sinal, incluindo circuitos de comando.

6.1.4.5 Proteção contra sobrecargas de condutores em paralelo

As condições de proteção contra sobrecargas de condutores em paralelo são tratadas em 5.3.4.5 e no Anexo D.2 da NBR 5410.

6.1.4.6 Exemplo de dimensionamento

O exemplo a seguir ilustra um caso de dimensionamento dos condutores de fase pelo critério de proteção contra sobrecargas de acordo com a NBR 5410.

É importante observar que a norma indica as condições gerais de coordenação entre condutores e dispositivos de proteção, mas não fornece as características específicas dos dispositivos de proteção contra sobrecargas necessárias para os cálculos. Tais informações devem ser obtidas junto aos fornecedores dos produtos, pois podem apresentar pequenas variações de fabricante para fabricante. No entanto, não é preciso fazer os cálculos para cada fabricante, pois as diferenças não são significativas a ponto de necessitar tal cuidado.

Sejam os circuitos (A), (B) e (C), 220/380 V, constituídos por cabos unipolares não halogenados (**Cabos Superatox Flex HEPR 90°C – 0,6/1 kV**), instalados em leito, com temperatura ambiente 40°C. Todos os circuitos têm comprimento de 30 m e fator de potência de 0,80. Admite-se uma queda de tensão máxima de 1,5%.

- Circuito (A): trifásico; corrente de projeto (incluindo as harmônicas) = $I_{BA} = 85$ A; $THD_3 = 32\%$.
- Circuito (B): trifásico com neutro (circuito não equilibrado); corrente de projeto (incluindo as harmônicas) = $I_{BB} = 100$ A; $THD_3 = 38\%$.
- Circuito (C): bifásico; corrente de projeto (incluindo as harmônicas) = $I_{BC} = 90$ A; $THD_3 = 15\%$.

Considerar que os circuitos serão protegidos contra sobrecarga por disjuntor conforme NBR NM 60898 ou por fusível conforme NBR IEC 60269-3.

Este exemplo já foi tratado anteriormente e os resultados obtidos foram os seguintes:

| Circuito | Seção pelo critério de capacidade de corrente (mm ²) | Seção pelo critério de queda de tensão (mm ²) | Seção adotada para dimensionamento por sobrecarga (mm ²) |
|----------|--|---|--|
| A | 25 | 16 | 25 |
| B | 35 | 25 | 35 |
| C | 16 | 25 | 25 |

Para não alongar o texto, na sequência será realizado o dimensionamento apenas do Circuito B, tendo em vista que o procedimento é o mesmo para todos os circuitos.

a) Verificação da condição $I_B \leq I_N \leq I_Z$

$$I_{BB} = 100 \text{ A}$$

$$I_{zB} = 108 \text{ A (ver Tabela 14)}$$

$$\text{Então: } I_B \leq I_N \leq I_Z \rightarrow 100 \leq I_N \leq 108 \text{ A} \quad (1)$$

b) Verificação da condição $I_2 \leq 1,45 I_Z$

- Para disjuntor conforme NBR NM 60898

Conforme Tabela B5 (Anexo B), para o disjuntor conforme NBR NM 60898, $I_2 = 1,45 I_N$.

$$\text{Assim, temos } 1,45 I_N \leq 1,45 I_Z \rightarrow I_N \leq I_Z \rightarrow I_N \leq 108 \text{ A.} \quad (2)$$

$$\text{Comparando-se as condições (1) e (2): } 100 \rightarrow I_N \leq 108 \text{ A.}$$

Desta forma, a proteção contra sobrecargas deste circuito com cabo 35 mm² deve ser realizada por um disjuntor termomagnético conforme NBR NM 60898 com corrente nominal $I_N = 100 \text{ A}$.

- Para fusível conforme NBR IEC 60269-3

Conforme Tabela B4 (Anexo B), para o fusível conforme NBR IEC 60269-3, $I_2 = 1,6 I_N$.

$$\text{Assim, temos } 1,6 I_N \leq 1,45 I_Z \rightarrow I_N \leq 0,91 I_Z \rightarrow I_N \leq 0,91 \times 108 = 98,3 \text{ A.} \quad (3)$$

$$\text{Comparando (1) e (3), conclui-se que } I_N \leq 98,3 \text{ A.}$$

No entanto, não é possível atender essa condição uma vez que a corrente de projeto do circuito é de 100 A, maior do que o valor obtido na condição (3). A solução neste caso é aumentar a seção do condutor de 35 mm² para 50 mm² para obter um valor adequado de I_N .

Considerando-se então a Tabela 39 (Anexo A) – Cabo Cu / EPR, unipolar / método de referência F, trifólio, tem-se para o cabo de 50 mm² o valor de I_Z tabela = 207 A. Com os fatores de correção para o circuito B conforme a Tabela 14 obtém-se $I_Z = 133 \text{ A}$.

$$\text{Assim, temos } 1,6 I_N \leq 1,45 I_Z \rightarrow I_N \leq 0,91 I_Z \rightarrow I_N \leq 0,91 \times 133 = 121 \text{ A.} \quad (4)$$

$$\text{Comparando-se as condições (1) e (4): } 100 \leq I_N \leq 121 \text{ A.}$$

Desta forma, a proteção contra sobrecargas deste circuito com cabo de 50 mm² deve ser realizada por um fusível conforme NBR IEC 60269-3 com corrente nominal $I_N = 100 \text{ A}$.

6.1.5.1 Condições de Proteção

Conforme 4.1.3.2 da NBR 5410, 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.

A interrupção da corrente de curto-circuito deve acontecer em um tempo suficientemente curto para que os condutores não atinjam os valores de temperatura especificados na Tabela 16.

As características dos dispositivos de proteção dos cabos elétricos de baixa tensão contra curto-circuito podem ser encontradas no Anexo B.

Tabela 16: Temperaturas limites de curto-circuito dos condutores (Tabela 35 da NBR 5410)

| Tipo de Isolação | Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C |
|--|--|
| Cloreto de polivinila (PVC) até 300 mm ² Cabo não halogenado 70 °C | 160 |
| Cloreto de polivinila (PVC) maior que 300 mm ² Cabo não halogenado 70 °C | 140 |
| Borracha etilenopropileno (EPR) Cabo não halogenado 90 °C | 250 |
| Polietileno reticulado (XLPE) Cabo não halogenado 90 °C | 250 |

No estudo da proteção contra correntes de curto-circuito devem, em princípio, ser determinadas as correntes de curto-circuito presumidas simétricas em todos os pontos julgados necessários (ver 6.1.5.3).

O dispositivo destinado a proteger os condutores vivos de um circuito deve estar adequadamente coordenado com os condutores. Para isso, a NBR 5410 impõe duas condições (Figura 40):

- A capacidade de interrupção do dispositivo (I_{CN}) deve ser no mínimo igual à corrente de curto-circuito presumida (I_k) no ponto onde for instalado (Figura 40). Só se admite um dispositivo com capacidade de interrupção inferior à montante, se houver outro dispositivo com a capacidade de interrupção necessária e que deve ser coordenado com o anterior.
- A integral de Joule que o dispositivo deixa passar deve ser inferior ou igual à integral de Joule necessária para aquecer o condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura limite de curto-circuito (Figuras 40, 41 e 42), o que pode ser indicado pela seguinte expressão:

$$\int i^2 t dt \leq K^2 S^2$$

Onde:

- $\int i^2 t dt$ é a integral de Joule (energia) que o dispositivo de proteção deixa passar, em ampères quadrados-segundo.
 - $K^2 S^2$ é a integral de Joule (energia) capaz de elevar a temperatura do condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura de curto-circuito, supondo-se aquecimento adiabático.
- O valor de K é indicado na Tabela 30 da NBR 5410 (ver Anexo A) e S é a seção do condutor, em milímetros quadrados.

Figura 40: Condição geral de proteção contra curto-circuito

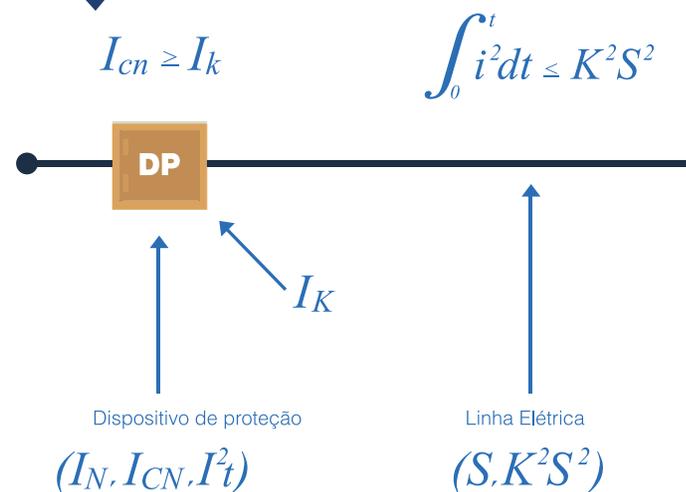


Figura 41: Condição de proteção contra curto-circuito de um disjuntor

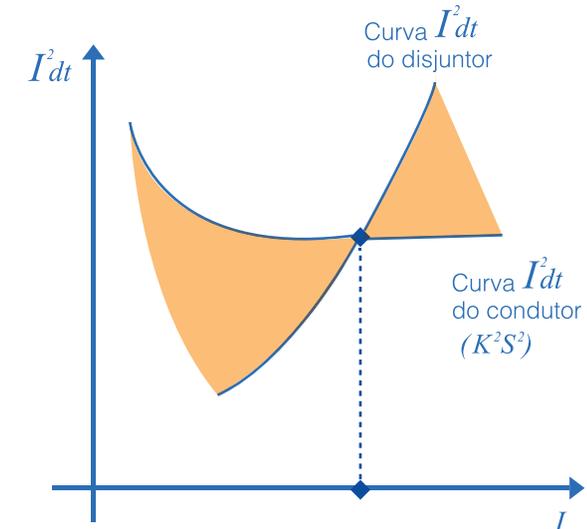
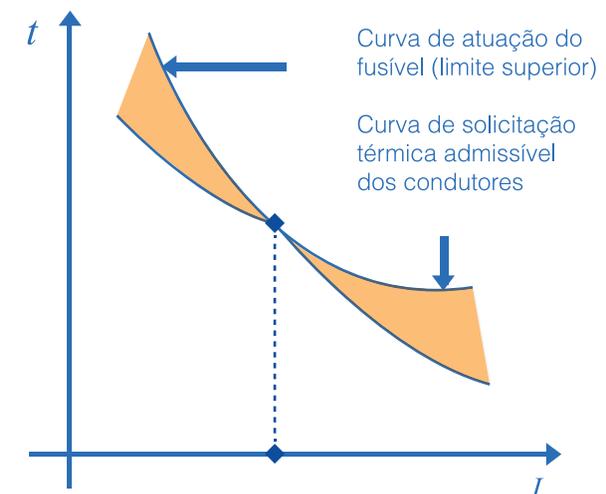


Figura 42: Condição de proteção contra curto-circuito de um fusível



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

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

Onde:

I é a corrente de curto-circuito presumida simétrica, em ampères, valor eficaz (I_k).

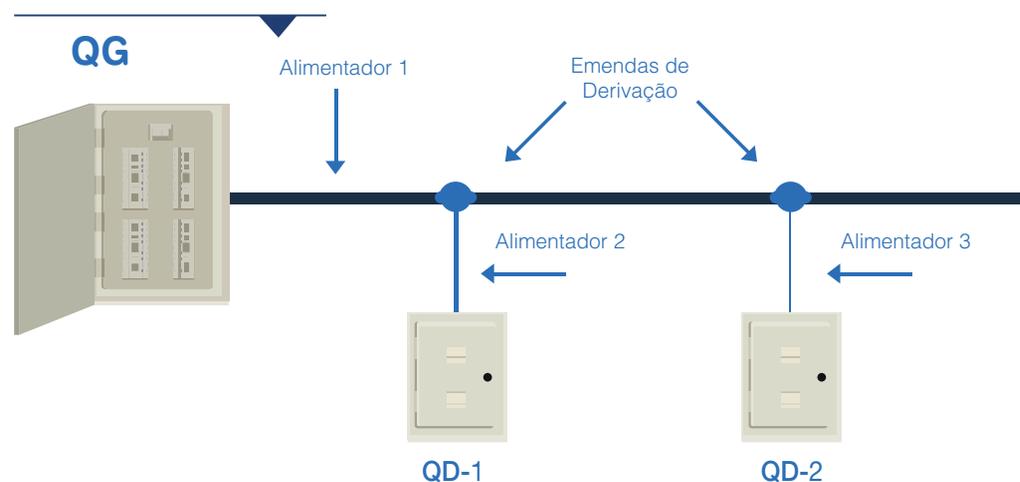
t é a duração do curto-circuito, em segundos.

6.1.5.2 Localização dos dispositivos que asseguram proteção contra curto-circuito

Em 5.3.5.2, a norma estabelece que devem ser providos dispositivos que assegurem proteção contra curtos-circuitos em todos os pontos onde uma mudança (por exemplo, redução de seção) resulte em alteração do valor da capacidade de condução de corrente dos condutores.

No caso da Figura 43, se os Alimentadores 1, 2 e 3 tiverem a mesma seção nominal, então não é necessário instalar nenhum dispositivo de proteção contra curtos-circuitos no ponto onde é realizada a emenda de derivação.

Figura 43: Circuitos com mesma seção nominal

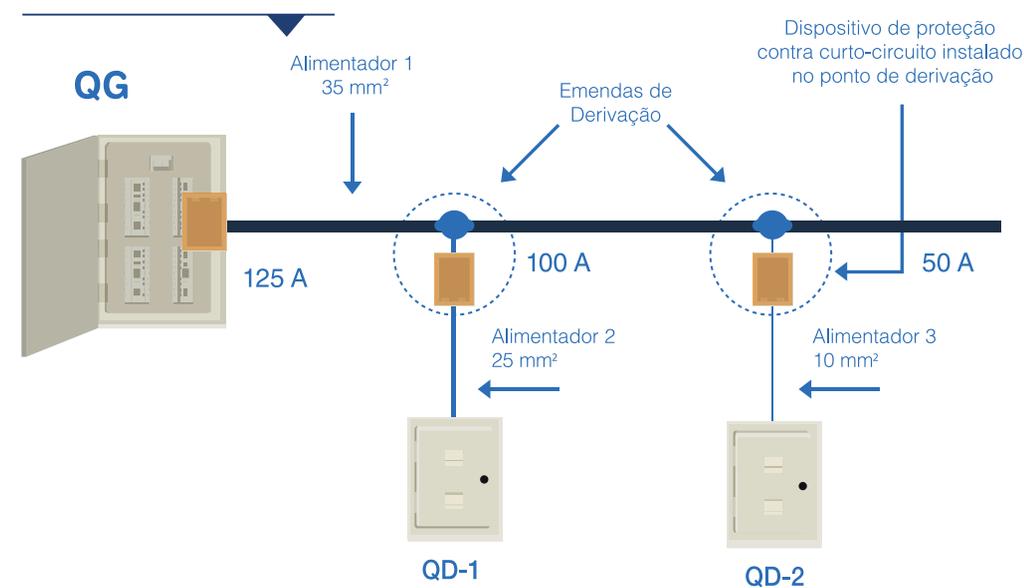


No entanto, se houver seções diferentes, a regra geral determina que deve ser instalado um dispositivo na emenda.

Pode-se imaginar uma situação como esta se pensarmos que o Alimentador 1 tem seção de 35 mm^2 , o Alimentador 2 tem seção de 25 mm^2 e o Alimentador 3 tem seção de 10 mm^2 .

Neste exemplo, cada alimentador deverá ter um dispositivo de proteção que atenda às prescrições de 5.3.5.5.2 da norma. Sem entrar em muitos detalhes, poderia ser o caso de o Alimentador 1 ser protegido contra curtos-circuitos por um disjuntor de 125 A, o Alimentador 2 por um disjuntor de 100 A e o Alimentador 3 por um disjuntor de 50 A, conforme indicado na Figura 44.

Figura 44: Circuitos com seções nominais diferentes



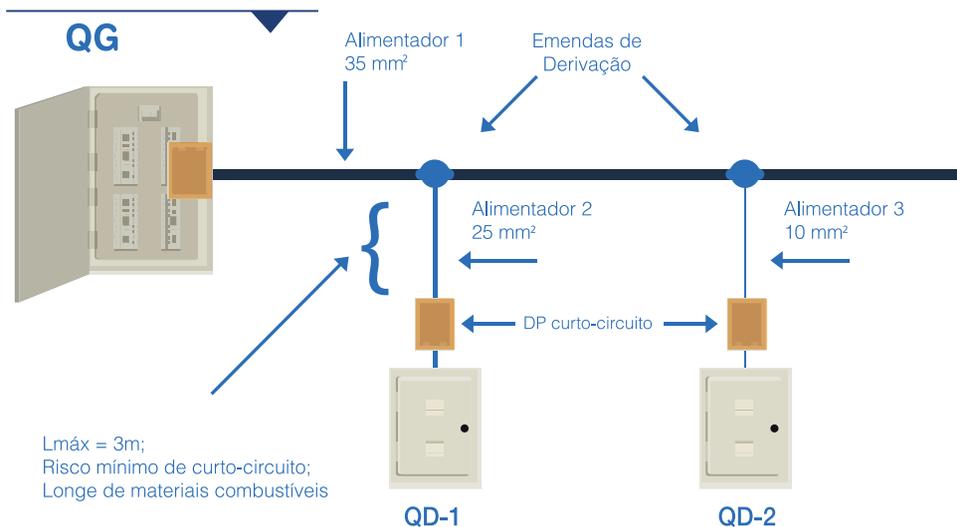
Deslocamento do dispositivo de proteção

Em 5.3.5.2.2, prescreve-se que o dispositivo destinado a proteger uma linha elétrica contra curtos-circuitos pode não ser posicionado exatamente no ponto de derivação, mas deslocado ao longo do percurso da linha, se a parte da linha compreendida entre a redução de seção e a localização pretendida para o dispositivo de proteção atender simultaneamente aos seguintes requisitos: (a) não exceder 3 m, (b) ser instalada de modo a reduzir ao mínimo o risco de curto-circuito e, (c) não estar situada nas proximidades de materiais combustíveis.

A Figura 45 ilustra o caso (a), onde se verifica que, se o comprimento do condutor entre a derivação e o quadro de distribuição for menor do que três metros, o dispositivo de proteção contra curtos-circuitos poderá estar situado no interior do quadro de distribuição (QD-1 e QD-2).

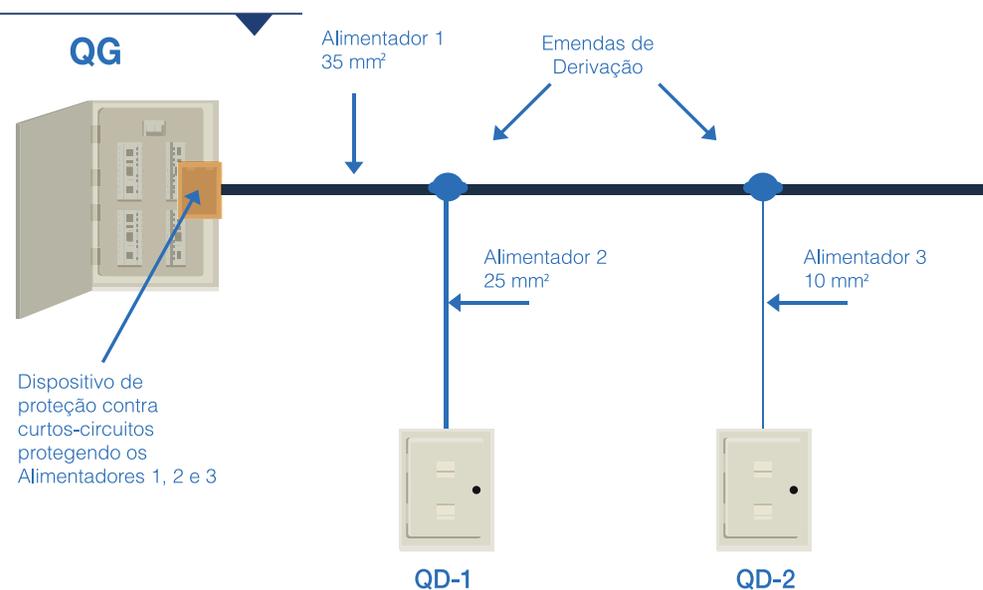
A norma indica que deve ser reduzido ao mínimo o risco de curto-circuito nas derivações. Isto pode ser atendido pela escolha adequada do tipo de linha elétrica em função das influências externas existentes no local da instalação.

Figura 45: Deslocamento do dispositivo de proteção



Ainda conforme a prescrição de 5.3.5.2.2, alínea b), em alternativa à situação descrita anteriormente, é possível não instalar um dispositivo de proteção no ponto de derivação caso o condutor de seção reduzida estivesse garantidamente protegido contra curtos-circuitos por um dispositivo de proteção localizado a montante da derivação. Isso está ilustrado na Figura 46, onde o dispositivo de proteção instalado no QG estaria protegendo contra curtos-circuitos, simultaneamente, os Alimentadores 1, 2 e 3. Para que isso seja possível, é preciso que os requisitos de 5.3.5.5.2 da NBR 5410 relativos à integral de Joule dos dispositivos e dos condutores sejam atendidos.

Figura 46: Dispositivo de proteção no QG



Omissão da proteção contra curtos-circuitos

Nos três casos mencionados a seguir é possível não existir nenhum dispositivo de proteção contra curtos-circuitos instalado na derivação ou deslocado ao longo da linha, desde que a linha elétrica seja instalada de modo a reduzir ao mínimo o risco de curto-circuito e não esteja situada nas proximidades de materiais combustíveis:

(d) Em linhas que ligam geradores, transformadores, retificadores e baterias aos seus quadros correspondentes, desde que existam dispositivos de proteção instalados dentro dos quadros.

(e) Em circuitos onde o desligamento automático seja perigoso, tais como circuitos de excitação de máquinas rotativas, de alimentação de eletroímãs para elevação de cargas, circuitos secundários de transformadores de corrente e circuitos de motores usados em bombas de incêndio, extração de fumaça, etc.

(f) Em circuitos de medição.

6.1.5.3 Exemplo de dimensionamento

O exemplo a seguir ilustra um caso de dimensionamento dos condutores de fase pelo critério de proteção contra curtos-circuitos de acordo com a NBR 5410.

É importante observar que a norma indica as condições gerais de coordenação entre condutores e dispositivos de proteção, mas não fornece as características específicas dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos necessárias para os cálculos. Tais informações devem ser obtidas junto aos fornecedores dos produtos, pois podem apresentar pequenas variações de fabricante para fabricante. No entanto, não é preciso fazer os cálculos para cada fabricante, pois as diferenças não são significativas a ponto de necessitar de tal cuidado.

Sejam os circuitos (A), (B) e (C), 220/380 V, constituídos por cabos unipolares não halogenados (**Cabos Superatox Flex HEPR 90°C - 0,6/1 kV** - ver Anexo C), instalados em leito, com temperatura ambiente de 40°C. Todos os circuitos têm comprimento de 30 m e fator de potência de 0,80. Admite-se uma queda de tensão máxima de 1,5%.

- Circuito (A): trifásico; corrente de projeto (incluindo as harmônicas) = $I_{BA} = 85$ A; $THD_3 = 32\%$.
- Circuito (B): trifásico com neutro (circuito não equilibrado); corrente de projeto (incluindo as harmônicas) = $I_{BB} = 100$ A; $THD_3 = 38\%$.
- Circuito (C): bifásico; corrente de projeto (incluindo as harmônicas) = $I_{BC} = 90$ A; $THD_3 = 15\%$.

Considerar que os circuitos serão protegidos contra curto-circuito por disjuntor conforme NBR NM 60898 ou por fusível conforme NBR IEC 60269-3 e que a corrente de curto-circuito presumida no ponto onde os dispositivos de proteção serão instalados é 8 kA.

Para não alongar o texto, na sequência será realizado o dimensionamento apenas do Circuito B, tendo em vista que o procedimento é o mesmo para todos os circuitos.

Este circuito vem sendo dimensionado nos exemplos realizados nos critérios anteriores e, conforme 6.1.4.6, o dimensionamento do Circuito (B) até aqui resultou em condutores de fase de 35 mm² para o caso de proteção por disjuntor de 100 A conforme NBR NM 60898 e cabo de 50 mm² para proteção por fusível de 100 A conforme NBR IEC 60269-3.

a) Cálculo de $k^2 S^2$ dos condutores elétricos

$k = 115$ (Tabela 30 – NBR 5410 – ver Anexo A)

$S = 35 \text{ mm}^2$ (proteção por disjuntor)

$$k^2 S^2 = 143^2 \times 35^2 = 25,1 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s} \quad (1)$$

$S = 50 \text{ mm}^2$ (proteção por fusível)

$$k^2 S^2 = 143^2 \times 50^2 = 51,1 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s} \quad (2)$$

b) Verificação da condição $I^2 t$

Será assumido neste cálculo que a corrente de curto-circuito presumida é simétrica (situação usual de projeto) e, então, podemos usar a expressão: $I^2 t \leq k^2 S^2$.

• Para disjuntor conforme NBR NM 60898

Conforme gráfico da Figura B2 (Anexo B), o disjuntor conforme NBR NM 60898 – Curva C (apropriado para a proteção de condutores elétricos), para $I_k = 8 \text{ kA}$ ($8.000 / 100 = 80 I_N$) $\rightarrow t \leq 0,01 \text{ s}$.

$$\text{Então: } I^2 t = (8.000)^2 \times 0,01 = 0,64 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s} \quad (3)$$

Comparando (1) e (2), conclui-se que a energia que o disjuntor “deixa passar” quando ocorre o curto-circuito de 8 kA é muitas vezes menor do que a energia que o condutor suporta.

Desta forma, o disjuntor conforme NBR NM 60898 – Curva C, com corrente nominal $I_N = 100 \text{ A}$, protege adequadamente contra curtos-circuitos os condutores de fase (S_{FB}) = 35 mm².

• Para fusível conforme NBR IEC 60269-3

Conforme gráfico da Figura B1 (Anexo B), o fusível conforme NBR IEC 60269-3, para $I_k = 8 \text{ kA} \rightarrow t \leq 0,004 \text{ s}$.

$$\text{Então: } I^2 t = (8.000)^2 \times 0,004 = 0,26 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s} \quad (4)$$

Comparando (2) e (4), conclui-se que a energia que o fusível “deixa passar” quando ocorre o curto-circuito de 8 kA é muitas vezes menor do que a energia que o condutor suporta.

Desta forma, o fusível conforme NBR IEC 60269-3 com corrente nominal $I_N = 100 \text{ A}$ protege adequadamente contra curtos-circuitos os condutores de fase (S_{FB}) = 50 mm².

6.1.5.4 Cálculos simplificados de correntes de curto-circuito presumidas

O exemplo a seguir ilustra um caso de determinação das correntes de curto-circuito presumidas numa instalação elétrica. Embora os cálculos utilizados sejam aproximados, eles são suficientes para a aplicação em uma grande quantidade de situações de instalações elétricas de baixa tensão.

Os valores obtidos por este cálculo aproximado são sempre a favor da segurança e oferecem os subsídios necessários para o dimensionamento dos condutores pelo critério de proteção contra curtos-circuitos e são indispensáveis para a correta seleção da capacidade de interrupção nominal (corrente de ruptura) dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos, tais como disjuntores e fusíveis.

No esquema indicado na Figura 47, os diversos valores de I_k indicados podem ser calculados conforme descrito a seguir.

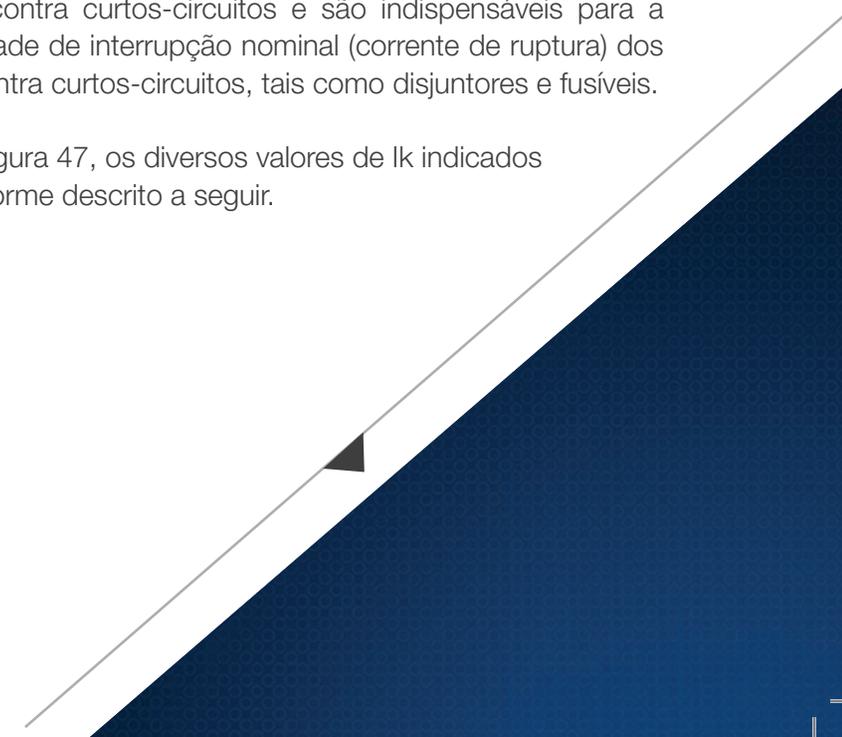
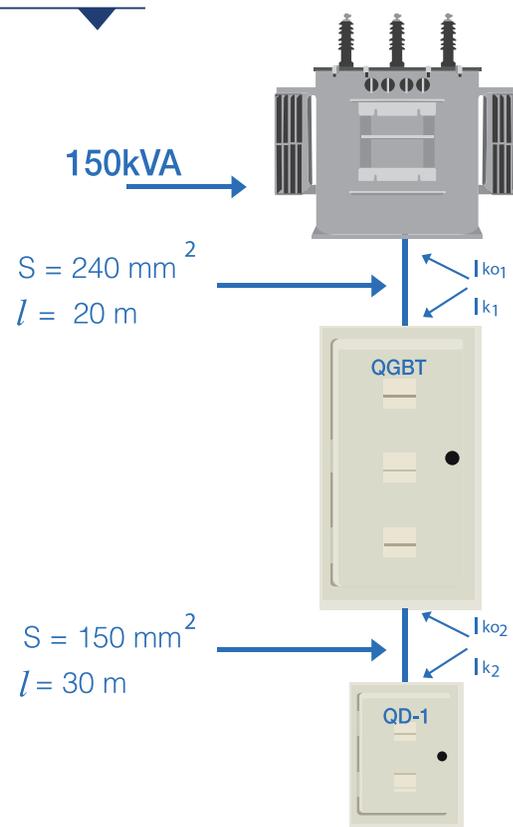


Figura 47: Circuito para cálculo simplificado da corrente de curto-circuito presumida



Conforme Figura B4 (Anexo B), o cálculo da corrente de curto-circuito presumida em circuitos 127/220 V é feito utilizando-se a seguinte expressão:

$$I_k = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{162}{I_{k0}^2} + \frac{57 \cos \Phi_{k0} l}{I_{k0} S} + \frac{5l^2}{S^2}}}$$

Ainda de acordo com as informações da Figura B6 (Anexo B):

- Para um transformador de 150 kVA – 127/220 V $\rightarrow I_{kT} = 29,5 \text{ kA} = I_{k01}$
- Para $I_{k01} = 29,5 \text{ kA} \rightarrow \cos \Phi_{k01} = 0,25$
- Sendo $S = 240 \text{ mm}^2$ e $l = 20 \text{ m}$
- Aplicando a expressão (1) $\rightarrow I_{k1} = 24,9 \text{ kA} = I_{k02}$
- Para $I_{k02} = 24,9 \text{ kA} \rightarrow \cos \Phi_{k02} = 0,25$
- Sendo $S = 150 \text{ mm}^2$ e $l = 30 \text{ m}$
- Aplicando a expressão (1) $\rightarrow I_{k2} = 16,7 \text{ kA}$

6.2 Dimensionamento do condutor neutro

6.2.1 Critério de capacidade de corrente

Em 6.2.6.2 da NBR 5410 são feitas considerações sobre o dimensionamento do condutor neutro pelo critério de capacidade de corrente em função da taxa de terceira harmônica (THD3) e suas múltiplas no circuito, conforme a seguir.

6.2.1.1 THD₃ e múltiplas < 15% - Condutor neutro pode ser menor que o condutor de fase

Em 6.2.6.2.6 da NBR 5410 admite-se que num circuito trifásico com condutor neutro, onde os condutores de condutor de fase tenham seção maior que 25 mm², a seção do condutor neutro pode ser menor que a do condutor de fase, limitada aos valores da Tabela 48 da referida norma (ver Anexo A), desde que (1) o circuito seja equilibrado, (2) a taxa de 3^a harmônica e suas múltiplas seja menor que 15% e (3) que o condutor neutro seja protegido contra sobrecorrentes. Ora, na prática, garantir o atendimento a estas três condições não é nada fácil e, conseqüentemente, reduzir a seção do condutor neutro deve ser uma decisão tomada somente após uma análise muito criteriosa do caso. Note que a norma não obriga a redução do condutor neutro, mas apenas deixa uma possibilidade para que esta redução aconteça.

6.2.1.2 15% ≤ THD₃ e múltiplas ≤ 33% - Condutor neutro pode ser igual ao condutor de fase

Em 6.2.6.2.3 e 6.2.6.4, admite-se que, respectivamente, num circuito trifásico com condutor neutro e num circuito de duas fases com condutor neutro, a seção do condutor neutro pode ser igual à seção do condutor de fase desde que a taxa de terceira harmônica (e suas múltiplas) presentes no circuito seja maior ou igual a 15% e menor ou igual a 33%.

6.2.1.3 THD₃ e múltiplas > 33% - Condutor neutro pode ser maior que o condutor de fase

Em 6.2.6.2.5, admite-se que num circuito trifásico com condutor neutro ou num circuito com duas fases com condutor neutro, a seção do condutor neutro pode ser maior que a seção do condutor de fase desde que a taxa de terceira harmônica (e suas múltiplas) presentes no circuito seja maior ou igual a 33%. Tais taxas são muito comuns em circuitos que alimentam, por exemplo, computadores e outros equipamentos de tecnologia de informação.

De acordo com o Anexo F da norma NBR 5410, a seção do condutor neutro nestas condições pode ser determinada calculando-se a corrente por:

$$I_N = f_h I_B$$

Onde I_N é a corrente no condutor neutro considerando a presença das harmônicas de 3ª ordem e suas múltiplas, f_h é um fator obtido na Tabela 17 (Tabela F.1 da NBR 5410) e I_B é a corrente de projeto no condutor de fase (incluindo todas as harmônicas).

A norma faz uma observação que é muito útil na prática e que resulta num dimensionamento a favor da segurança: na falta de estimativa mais precisa da taxa de 3ª harmônica, recomenda-se a adoção dos maiores fatores da Tabela, ou seja, 1,73 e 1,41, respectivamente, para circuitos trifásicos e com duas fases.

Tabela 17: Fator para a determinação da corrente no neutro

| Taxa de 3ª harmônica | f_h | |
|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| | Circuito trifásico com neutro | Circuito com duas fases e neutro |
| 33% a 35% | 1,15 | 1,15 |
| 36% a 40% | 1,19 | 1,19 |
| 41% a 45% | 1,24 | 1,23 |
| 46% a 50% | 1,35 | 1,27 |
| 51% a 55% | 1,45 | 1,30 |
| 56% a 60% | 1,55 | 1,34 |
| 61% a 65% | 1,64 | 1,38 |
| ≥ 66% | 1,73 | 1,41 |

Exemplo: sendo $I_1 = 110$ A, $I_3 = 57$ A e $I_5 = 29$ A, circuito trifásico com neutro, segue-se:

- $I_B = \sqrt{110^2 + 57^2 + 29^2} = 127$ A
- $THD_3 = 100 \times (57 / 110) = 52\%$
- Entrando com 52% na Tabela F.1 $\rightarrow f_h = 1,45$
- Então, $I_N = f_h I_B = 1,45 \times 127 = 184$ A

Exemplo de dimensionamento de condutores de baixa tensão na presença de harmônicas

Seja um circuito trifásico com neutro instalado sozinho em uma bandeja, com temperatura ambiente de 30°C, onde são utilizados cabos unipolares não halogenados (**Cabos Superatox Flex HEPR 90°C – 0,6/1 kV** – ver Anexo C), em trifólio.

Consideram-se as seguintes correntes máximas nos condutores de fase nesse circuito:

- Fundamental: $I_1 = 70$ A
- 3ª harmônica: $I_3 = 45$ A
- 5ª harmônica: $I_5 = 28$ A
- 7ª harmônica: $I_7 = 12$ A

Nessas condições, a corrente de projeto I_B a considerar no cálculo da seção dos condutores desse circuito é dada por:

$$I_B = \sqrt{70^2 + 45^2 + 28^2 + 12^2} = 89 \text{ A}$$

O valor de $THD_3 = 45 / 70 \times 100\% = 64,3\%$

Em 6.2.5.6.1, a NBR 5410 estabelece que, em circuitos trifásicos com neutro com taxas de terceiras harmônicas e suas múltiplas superiores a 15% nos condutores de fase, o circuito deve ser considerado como constituído de 4 condutores carregados e deve ser aplicado um fator de correção devido ao carregamento do neutro igual a 0,86, independentemente do método de instalação. Este fator é aplicado sobre a capacidade de corrente válida para três condutores carregados.

No caso em questão a taxa de 3ª harmônica é igual a 64,3% e, desta forma, a corrente fictícia de projeto (I'_B) a ser utilizada para determinar a seção do condutor de fase será $I'_B = 89 / 0,86 = 103$ A. Entrando com esse valor na Tabela 39 da NBR 5410, coluna de 3 condutores carregados, método F, obtém-se a seção dos condutores de fase igual a 25 mm² ($I_z = 135$ A).

Uma vez que a taxa de 3ª harmônica presente no circuito (64,3%) é maior do que 33%, então a seção do neutro será maior do que a do condutor de fase e o cálculo será feito de acordo com o Anexo F da NBR 5410. Considerando-se $THD_3 = 64,3\%$ na Tabela 17, obtém-se $f_h = 1,64$. Daí, $I_{BN} = 1,64 \times 89 = 145$ A.

Entrando com esse valor na Tabela 39 da NBR 5410 (ver Anexo A), coluna de 3 condutores carregados, método F, obtém-se a seção dos condutores de fase igual a 35 mm^2 ($I_z = 169 \text{ A}$).

Assim, a especificação deste circuito é $3 \times 25 \text{ mm}^2 + 1 \times 35 \text{ mm}^2$ (N).

6.2.2 Critérios de proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos do condutor neutro

De acordo com 5.3.2.2.1.1 da NBR 5410, quando a seção do condutor neutro for pelo menos igual à dos condutores de fase, não é necessário prever detecção de sobrecorrente (sobrecarga e curto-circuito) no condutor neutro, nem dispositivo de seccionamento nesse condutor.

No entanto, conforme 5.3.2.2.1.2, quando a seção do condutor neutro for inferior à dos condutores de fase, é necessário prever detecção de sobrecorrente no condutor neutro, adequada à seção desse condutor. Essa detecção deve provocar o seccionamento dos condutores de fase, mas não necessariamente do condutor neutro. A condição para que a seção do neutro seja inferior à do condutor de fase foi explicada em 6.2.1.1.

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

a) o condutor neutro estiver protegido contra curtos-circuitos pelo dispositivo de proteção dos condutores de fase do circuito. Para que isso seja possível, as condições descritas em 6.1.5.1 devem ser atendidas pelo condutor neutro.

b) a corrente máxima suscetível de percorrer o condutor neutro em serviço normal for claramente inferior ao valor da capacidade de condução de corrente desse condutor. Esta condição é satisfeita se a potência transportada pelo circuito for distribuída tão uniformemente quanto possível entre as diferentes fases. Isto acontece, por exemplo, se a soma das potências absorvidas pelas cargas alimentadas entre cada fase e o neutro for muito inferior à potência total transportada pelo circuito em questão. A norma não define o que é “muito inferior”, porém, algo em torno de 30% pode ser considerado como um valor aceitável para este caso.

7

DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO E AMBIENTAL DE CONDUTORES ELÉTRICOS

7.1 Introdução

A função de um cabo de potência é conduzir a energia elétrica da forma energeticamente mais eficiente e ambientalmente mais amigável possível desde a fonte até o ponto de utilização. No entanto, devido à sua resistência elétrica, o cabo dissipa, na forma de calor (perda joule), uma parte da energia transportada, de forma que uma eficiência de 100% não é obtida neste processo. Em consequência, essa perda irá requerer a geração de uma energia adicional que contribuirá para o acréscimo da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera.

Os aspectos sustentáveis dessa energia desperdiçada também são relevantes. Estudos revelam que, ao longo do ciclo de vida dos fios e cabos elétricos, as mais significativas emissões de CO₂ (dióxido de carbono, um dos gases mais importantes que contribuem para o efeito estufa) são produzidas quando os condutores estão sendo utilizados na condução de energia elétrica, sendo relativamente pequenas na fase de fabricação e descarte desses produtos.

Teoricamente, seria possível reduzir a perda de energia (joule) e a consequente emissão de CO₂ a valores insignificantes aumentando-se a seção do condutor.

No entanto, como isto significa aumentar o custo inicial do cabo, seus acessórios, linhas elétricas e mão de obra de instalação, tende-se a anular a economia conseguida pela melhoria da eficiência na distribuição. Neste caso, é interessante encontrar um compromisso entre estas duas variáveis (redução nas perdas versus aumento do custo inicial da instalação). A questão central neste assunto é identificar uma seção de condutor que reduza o custo da energia desperdiçada durante a vida útil do circuito, sem incorrer em custos iniciais excessivos de compra e instalação de um cabo.

Os critérios de dimensionamento econômico e ambiental apresentados a seguir são aplicáveis a todos os tipos de instalações elétricas de baixa e média tensão, sejam nas instalações prediais, comerciais e industriais, ou nas redes públicas de distribuição de energia elétrica.

Existem algumas situações onde o emprego de tais critérios é particularmente mais interessante, tais como aquelas que envolvem circuitos com cargas relativamente elevadas, que funcionam por longos períodos durante o dia. São os casos de alimentadores de quadros de distribuição, quadros de luz, alimentação de motores elétricos, torres de resfriamento, ar-condicionado, dentre outros, facilmente encontrados, por exemplo, em shopping centers, indústrias em geral, hospitais, edifícios comerciais e públicos, portos, aeroportos, estádios e ginásios esportivos.

7.2 Dimensionamento econômico de condutores elétricos conforme a norma ABNT NBR 15902

7.2.1 Seção Econômica

A Seção Econômica (S_{ec}) de um condutor elétrico conforme a NBR 15920 pode ser determinada pela expressão (1) que utiliza parâmetros calculados pelas expressões (2) a (5).

$$S_{ec} = 1000 \cdot \left[\frac{I_{max}^2 \cdot F \cdot \rho_{20} \cdot B \cdot [1 + \alpha_{20}(\theta_m - 20)]}{A} \right]^{0,5} \quad (1)$$

$$F = N_p \cdot N_c \cdot (T \cdot P + D) \cdot \frac{Q}{(1 + i/100)} \quad (2)$$

$$B = (1 + y_p + y_s) \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \quad (3)$$

$$Q = \sum_{n=1}^N (r^{n-1}) = \frac{1 - r^N}{1 - r} \quad (4)$$

$$r = \frac{(1 + a/100)^2 \cdot (1 + b/100)}{(1 + i/100)} \quad (5)$$

$$\theta_m = (\theta - \theta_a) / 3 + \theta_a \quad (6)$$

Onde:

S_{ec} = seção econômica do condutor (mm²)

I_{max} = corrente de projeto máxima prevista para o circuito no primeiro ano, (A)

F = quantidade auxiliar

ρ_{20} = resistividade elétrica do material condutor a 20°C (Ω m)

B = quantidade auxiliar

α_{20} = coeficiente de temperatura para a resistência do condutor a 20°C (K-1)

θ_m = temperatura média de operação do condutor (°C)

θ = temperatura máxima nominal do condutor para o tipo de cabo considerado (°C)

θ_a = temperatura ambiente média (°C)

A = componente variável do custo por unidade de comprimento conforme seção do condutor (\$/m.mm²)

N_p = número de condutores de fase por circuito

N_c = número de circuitos que levam o mesmo tipo e valor de carga

T = tempo de operação com perda joule máxima (h/ano)

P = custo de um watt-hora no nível da tensão pertinente (\$/.Wh)

D = variação anual da demanda (\$/W.ano)

Q = quantidade auxiliar

i = taxa de capitalização para cálculo do valor presente (%)

y_p = fator de proximidade, conforme IEC 60287-1-1

y_s = fator devido ao efeito pelicular, conforme IEC 60287-1-1

λ_1 = fator de perda da cobertura, conforme IEC 60287-1-1

λ_2 = fator de perda da armação, conforme IEC 60287-1-1

r = quantidade auxiliar

N = período coberto pelo cálculo financeiro, também referido como "vida econômica" (ano)

a = aumento anual da carga (I_{max}) (%)

b = aumento anual do custo da energia, sem incluir efeitos da inflação (%)

7.2.2 Aspectos econômicos

Para combinar os custos iniciais de compra e instalação com os custos de perdas de energia que surgem durante a vida econômica de um condutor elétrico, é necessário expressá-los em valores econômicos comparáveis, que são os valores que se referem ao mesmo ponto no tempo.

É sabido que, quanto menor a seção nominal de um condutor elétrico, menor é o seu custo inicial de aquisição e instalação, e maior é o seu custo operacional durante a sua vida útil.

Multiplicando-se o valor obtido em (1) pelo preço do Wh cobrado pela distribuidora de energia (ou calculado para a fonte de geração própria), obtém-se o custo da perda de energia (operacional) do condutor elétrico.

Deste modo, o custo total de instalar e operar um cabo durante sua vida econômica, expresso em valores presentes, é calculado conforme a seguinte equação:

$$\text{Custo total} = CT = CI + CJ \quad (7)$$

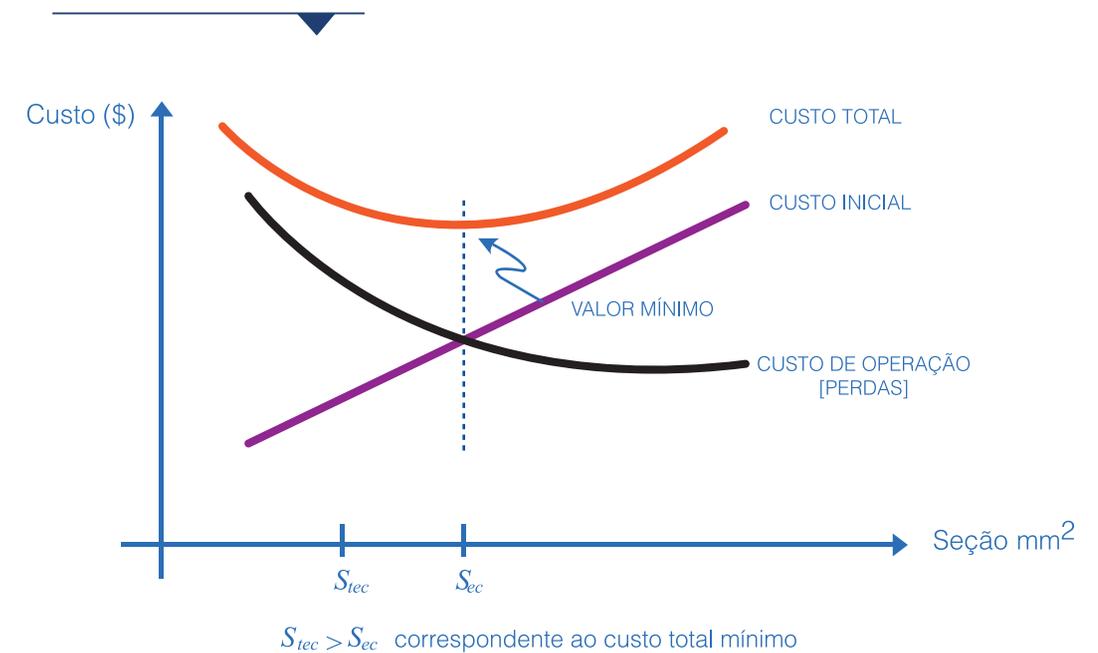
Onde:

CI é o custo inicial de um comprimento de cabo instalado (\$);

CJ é o custo operacional equivalente na data em que a instalação foi adquirida, ou seja, o valor presente, das perdas joule durante a vida considerada (\$);

A Figura 48 apresenta as curvas típicas do custo operacional (CJ) e custo inicial de uma instalação (CI) em função da seção nominal dos condutores.

Figura 48: Custo inicial e custo operacional dos cabos em função da seção nominal.



Na Figura 48, somando-se ponto a ponto as duas curvas (custo inicial e custo operacional), tem-se, para cada seção nominal, o custo total daquele condutor ao longo de sua vida referido a um valor presente.

Conforme a Figura 48, a curva relativa ao custo total apresenta um ponto de valor mínimo (\$) para uma dada seção (mm²).

Denomina-se como seção econômica (S_{ec}) de um circuito aquela seção que resulta no menor custo total de instalação e operação de um condutor elétrico durante sua vida econômica considerada.

De acordo com a NBR 15920, o custo total (CT) pode ser calculado por:

$$CT = CI + I_{max}^2 \cdot R \cdot I \cdot F \quad (\$) \quad (8)$$

Onde:

I_{max} = carga máxima no cabo durante o primeiro ano (A)

l = comprimento do cabo (m)

F = calculado pela equação (2)

R = resistência c.a. aparente do condutor por unidade de comprimento, levando em conta os efeitos pelicular e de proximidade (y_p , y_s) e as perdas em blindagens metálicas e armações (λ_1 , λ_2), (Ω/m).

O valor de R em função da seção padronizada S do condutor deve ser considerado na temperatura média de operação do condutor (θ_m) e calculado pela seguinte expressão:

$$R(S) = \frac{\rho_{20} \cdot B [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta_m - 20)]}{S} \cdot 10^6 \quad (9)$$

7.3 Dimensionamento ambiental de condutores elétricos

Ao longo do ciclo de vida dos fios e cabos elétricos, as mais significativas emissões de CO_2 (gás do efeito estufa) são produzidas quando os condutores transportam a energia elétrica, sendo relativamente pequenas na fase de fabricação e descarte desses produtos. Essas emissões de CO_2 são resultantes da geração extra de energia necessária para compensar as perdas joule na condução da corrente elétrica pelo circuito. Como visto nas seções anteriores, é possível reduzir a perda de energia (joule) e a conseqüente emissão de CO_2 através do aumento da seção do condutor pela aplicação do critério de dimensionamento econômico. Assim, é fácil concluir que haverá um ganho ambiental sempre que, num período considerado, as emissões de CO_2 evitadas durante a operação do cabo forem menores do que as emissões de CO_2 realizadas para sua fabricação.

7.3.1 Redução das emissões de CO_2 na geração de energia pelo aumento da seção

Quando os condutores dimensionados pelo critério técnico (de menor seção) são substituídos por condutores dimensionados pelo critério econômico (de maior seção), a quantidade anual de redução de emissões de CO_2 é dada pela seguinte fórmula:

$$Z_1 = \sum [N_p \times N_c \times I^2 \times (R_1 - R_2) \times 10^{-3} \times T \times l \times K_1] \quad (9)$$

Onde:

Z_1 = quantidade anual de redução de emissões de CO_2 (kg- CO_2)

N_p = número de condutores de fase por circuito

N_c = número de circuitos que levam o mesmo tipo e valor de carga

I = corrente de projeto (A)

l = comprimento do cabo (km)

R_1 = resistência do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério técnico (menor seção), (Ω/km) – calculada conforme equação (9)

R_2 = resistência do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério econômico (maior seção), (Ω/km) – calculada conforme equação (9)

T = tempo de operação por ano (h/ano)

K_1 = emissões de CO_2 no momento da geração por unidade de energia elétrica (kg- CO_2/kWh). Este valor varia conforme a característica da matriz energética de cada país, sendo maior nos casos onde fontes primárias de energia são mais poluentes (combustíveis fósseis) e menor onde as fontes primárias são mais limpas e renováveis (hidráulica, solar, eólica, etc.). No caso do Brasil, segundo a Agência Internacional de Energia, a média dos anos de 2009 a 2011 indica um valor de $K_1 = 0,073$ kg- CO_2/kWh

7.3.2 Aumento das emissões de CO_2 na fabricação de condutores pelo aumento da seção

O aumento da seção dos condutores quando dimensionados pelo critério econômico tem como conseqüência direta o aumento nas emissões de CO_2 no processo completo de fabricação dos cabos elétricos, desde a fase de extração do metal condutor na mina até o descarte do produto após sua utilização (ciclo de vida do produto). Isso se deve ao fato de que seções maiores utilizam mais materiais e, conseqüentemente, mais energia é consumida na fabricação e demais etapas da vida do produto.

O principal aumento nas emissões de CO_2 devido ao aumento da seção ocorre na produção do cobre, desde a mina até a fabricação do elemento condutor do cabo. O aumento anual das emissões de CO_2 neste caso é dado pela seguinte expressão:

$$Z_2 = \sum [(W_2 - W_1) \times \ell \times K_2] \quad (10)$$

Onde:

Z_2 = quantidade anual de aumento de emissões de CO_2 (kg- CO_2)

W_1 = peso do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério técnico (menor seção), (kg/km) – ver Tabela 18

W_2 = peso do condutor por unidade de comprimento dimensionado pelo critério econômico (maior seção), (kg/km) – ver Tabela 18

ℓ = comprimento do cabo (km)

K_2 = emissões de CO_2 no momento da produção do cobre por unidade de cobre ($\text{kg-CO}_2/\text{kg-Cu}$). Este valor varia conforme a característica da matriz energética de cada país e do processo de extração e fabricação do metal, sendo maior nos casos onde fontes primárias de energia são mais poluentes (combustíveis fósseis) e menor onde as fontes primárias são mais limpas e renováveis (hidráulica, solar, eólica, etc.). No caso do Brasil, onde a maioria do cobre utilizado nos condutores elétricos é importada do Chile, recomenda-se utilizar $K_2 = 4,09 \text{ kg-CO}_2/\text{kg-Cu}$ que é o valor correspondente à produção do catodo de cobre eletrolítico realizada naquele país.

O resultado do dimensionamento ambiental de condutores elétricos pode ser determinado por $Z_1 - Z_2$. Na condição de $Z_1 - Z_2 > 0$, as reduções nas emissões de CO_2 obtidas pelo uso de cabos de maiores seções durante a vida econômica considerada compensaram os aumentos nas emissões de CO_2 devidas ao processo de fabricação dos cabos com maiores seções. Em outras palavras, $Z_1 - Z_2$ representa o ganho ambiental obtido pela redução das emissões de CO_2 devido ao dimensionamento econômico dos condutores.

Tabela 18: Peso de cabos de cobre (classe de encordoamento 2 – NBR NM 280)

| Seção nominal (mm ²) | Formação | | Φ Ext. Cabo (mm) | Peso Total Aprox. (kg/km) |
|----------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| | Número de Fios | Φ Fio (mm) | | |
| 1,5 | 7 | 0,522 | 1,57 | 13,5 |
| 2,5 | 7 | 0,674 | 2,02 | 22,4 |
| 4,00 | 7 | 0,853 | 2,56 | 35,9 |
| 6,00 | 7 | 1,045 | 3,14 | 53,9 |
| 10,00 | 7 | 1,35 | 4,05 | 90,1 |
| 16,00 | 7 | 1,71 | 5,13 | 145 |
| 25,00 | 7 | 2,13 | 6,40 | 224 |
| 35,00 | 7 | 2,52 | 7,56 | 314 |
| 50,00 | 19 | 1,83 | 9,15 | 450 |
| 70,00 | 19 | 2,17 | 10,85 | 633 |
| 95,00 | 19 | 2,52 | 12,6 | 853 |
| 120,00 | 37 | 2,03 | 14,2 | 1,080 |
| 150,00 | 37 | 2,27 | 15,9 | 1,350 |
| 185,00 | 37 | 2,52 | 17,6 | 1,660 |
| 240,00 | 37 | 2,88 | 20,2 | 2,170 |
| 300,00 | 37 | 3,22 | 22,5 | 2,720 |
| 400,00 | 61 | 2,88 | 25,9 | 3,590 |
| 500,00 | 61 | 3,22 | 28,9 | 4,480 |

7.3.3 Exemplo de dimensionamento de um circuito pelo critério econômico e ambiental

Considera-se um circuito alimentador de um quadro de distribuição em 220/380 V, 60 Hz, trifásico, constituído por três cabos unipolares com condutor de cobre classe 2, isolamento em HEPR (temperatura máxima de operação = 90°C) e cobertura em PVC, instalados em eletroduto não magnético (isolante) aparente. Não há outros circuitos no mesmo eletroduto.

O circuito tem 100 metros de comprimento, a temperatura ambiente média é de 40°C. A corrente de projeto máxima no primeiro ano é de 150 A (incluindo as componentes harmônicas: $\text{THD}_3 = 38\%$), com taxa de crescimento de 1% ao ano. O fator de potência médio do circuito é de 0,80 e a queda de tensão máxima admitida é de 2%.

Estima-se que o circuito permaneça em plena operação durante 4.000 horas por ano. O custo considerado de um watt-hora no nível da tensão pertinente é 0,30 \$/kWh no primeiro ano, com aumento anual de 3% (sem considerar o efeito da inflação). Não será considerado o custo da demanda. Será adotado o valor médio de $A = 0,074 \text{ \$/m.mm}^2$.

A análise será feita para um período de 20 anos (vida econômica), considerando-se uma taxa de capitalização para cálculo do valor presente de 6% ao ano.

a) Quantidade auxiliar r :

De acordo com o enunciado:

$a = 1\%$ (aumento anual de carga)

$b = 3\%$ (aumento anual do custo da energia)

$i = 6\%$ (taxa de capitalização)

Aplicando-se a equação (5): $r = 0,991$

b) Quantidade auxiliar Q :

De acordo com o enunciado, tem-se $N = 20$ anos (vida econômica)

Aplicando-se a equação (4): $Q = 18,379$

c) Quantidade auxiliar B :

Como o exemplo refere-se a um cabo de baixa tensão, os efeitos de proximidade e pelicular, assim como as perdas na cobertura e armação serão desprezados. Desta forma, $B = 1,0$ (equação (3)).

d) Quantidade auxiliar F:

De acordo com o enunciado, tem-se:

$$N_p = 1$$

$$N_c = 1$$

$$T = 4.000 \text{ h/ano}$$

$$P = 0,30 \text{ \$/kWh} = 0,0003 \text{ \$/Wh}$$

$$D = 0$$

Aplicando-se a equação (2): $F = 20,806$

e) Seção econômica S_{ec} :

De acordo com o enunciado:

$$I_{max} = 200 \text{ A}$$

$$A = 0,074 \text{ \$/m. mm}^2$$

Conforme a norma ABNT NBR 60287-3-2:

$$\rho_{20} = 18,35 \times 10^{-9} \text{ } \Omega \text{ m (resistividade elétrica do cobre a } 20^\circ\text{C)}$$

$$a_{20} = 0,0068 \text{ K}^{-1} \text{ (coeficiente de temperatura para a resistência do cobre a } 20^\circ\text{C)}$$

De acordo com o enunciado:

$\theta = 90^\circ\text{C}$ (temperatura máxima nominal do condutor para o cabo EPR considerado)

$\theta_a = 40^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente média)

Aplicando-se a equação (6):

$$\theta_m = (\theta - \theta_a) / 3 + \theta_a = (90 - 40) / 3 + 40 = 57^\circ\text{C}$$

Aplicando-se a equação (1): $S_{ec} = 381 \text{ mm}^2$

Como esta não é uma seção de condutor padronizada, escolhe-se a seção padronizada mais próxima, para cima ou para baixo. No caso, as seções padronizadas adjacentes são de 300 mm^2 e de 400 mm^2 , sendo a mais próxima a de 400 mm^2 . Em resumo, a seção econômica neste exemplo é de 400 mm^2 .

f) Seção técnica S_{tec} :

Se todos os cálculos explicados na parte 6 forem aplicados a este circuito, o resultado obtido será uma seção técnica de 95 mm^2 .

g) Dimensionamento ambiental:

Considerando-se o cabo dimensionado pelo critério econômico (400 mm^2) e o cabo dimensionado pelo critério técnico (95 mm^2), tem-se o seguinte dimensionamento ambiental:

Conforme o enunciado:

$$N_p = 1$$

$$N_c = 1$$

$$I = 150 \text{ A}$$

$$T = 4.000 \text{ h/ano}$$

$$\ell = 100 \text{ m} = 0,1 \text{ km}$$

De acordo com a Tabela 18:

$$\text{Cabo } 95 \text{ mm}^2: W_1 = 853 \text{ kg/km}$$

$$\text{Cabo } 400 \text{ mm}^2: W_2 = 3.590 \text{ kg/km}$$

Aplicando-se a equação (9):

$$\text{Cabo } 95 \text{ mm}^2: R_1 = 241,76 \times 10^{-3} \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$\text{Cabo } 400 \text{ mm}^2: R_2 = 57,42 \times 10^{-3} \text{ } \Omega/\text{km}$$

Conforme indicado em 7.2.3.1 e 7.2.3.2:

$$K_1 = 0,073 \text{ kg-CO}_2/\text{kWh}$$

$$K_2 = 4,09 \text{ kg-CO}_2/\text{kg-Cu}$$

Aplicando-se as equações [15] e [16] para os três condutores de fases:

$$Z_c = 3 [N_p \times N_c \times I^2 \times (R_1 - R_2) \times 10^{-3} \times T \times l \times K_1]$$

$$Z_2 = 3 [(W_2 - W_1) \times l \times K_2]$$

Obtém-se:

$Z_2 = 330,6 \text{ kg-CO}_2 / \text{ano}$. No período considerado da vida econômica de 20 anos, tem-se $Z_1 = 6.612,0 \text{ kg-CO}_2$ (quantidade de redução de emissões de CO_2);

$Z_2 = 3.358,3 \text{ kg-CO}_2$ (quantidade de aumento de emissões de CO_2).

Portanto, $Z_2 - Z_1 = 3.253,7 \text{ kg-CO}_2$

Isso significa que as reduções nas emissões de CO_2 obtidas pelo uso dos cabos calculados pelo critério de dimensionamento econômico (400 mm^2) durante a vida econômica considerada compensaram os aumentos nas emissões de CO_2 devidos ao processo de fabricação desses cabos com maiores seções.

h) Comentário importante:

Conforme pode ser observado na Figura 48, existe uma faixa de seções nominais de condutores entre a seção técnica obtida pela aplicação da NBR 5410 e a seção econômica de um circuito, calculada pela NBR 15920.

A seção técnica é a menor seção permitida para se utilizar em um circuito, enquanto que a seção econômica é a maior seção economicamente viável considerando-se um determinado período de análise.

Em outros termos, é proibido usar seções menores do que a técnica e não é razoável usar seções maiores do que a econômica. No entanto, se por algum motivo não for possível utilizar a seção econômica obtida conforme descrito anteriormente, porém, puder ser empregada qualquer seção acima da técnica, haverá um ganho econômico e ambiental nesta aplicação. Não serão os ganhos otimizados obtidos pela aplicação da NBR 15920, porém, de qualquer modo já será obtido algum ganho em eficiência energética e ambiental.

Considerando-se os cálculos realizados no exemplo anterior, a seção técnica de 95 mm^2 é a mínima a ser utilizada no circuito e a seção de 400 mm^2 é a econômica, com a melhor relação investimento inicial versus custo de operação (perdas joule) no circuito ao longo do tempo. No entanto, como mencionado, caso não seja possível utilizar tal seção econômica, mas seja viável utilizar qualquer seção no intervalo entre 95 mm^2 e 400 mm^2 , já terá sido obtida uma redução nas perdas e nas emissões de CO_2 na atmosfera.

8

DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES DO SISTEMA DE ATERRAMENTO E EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

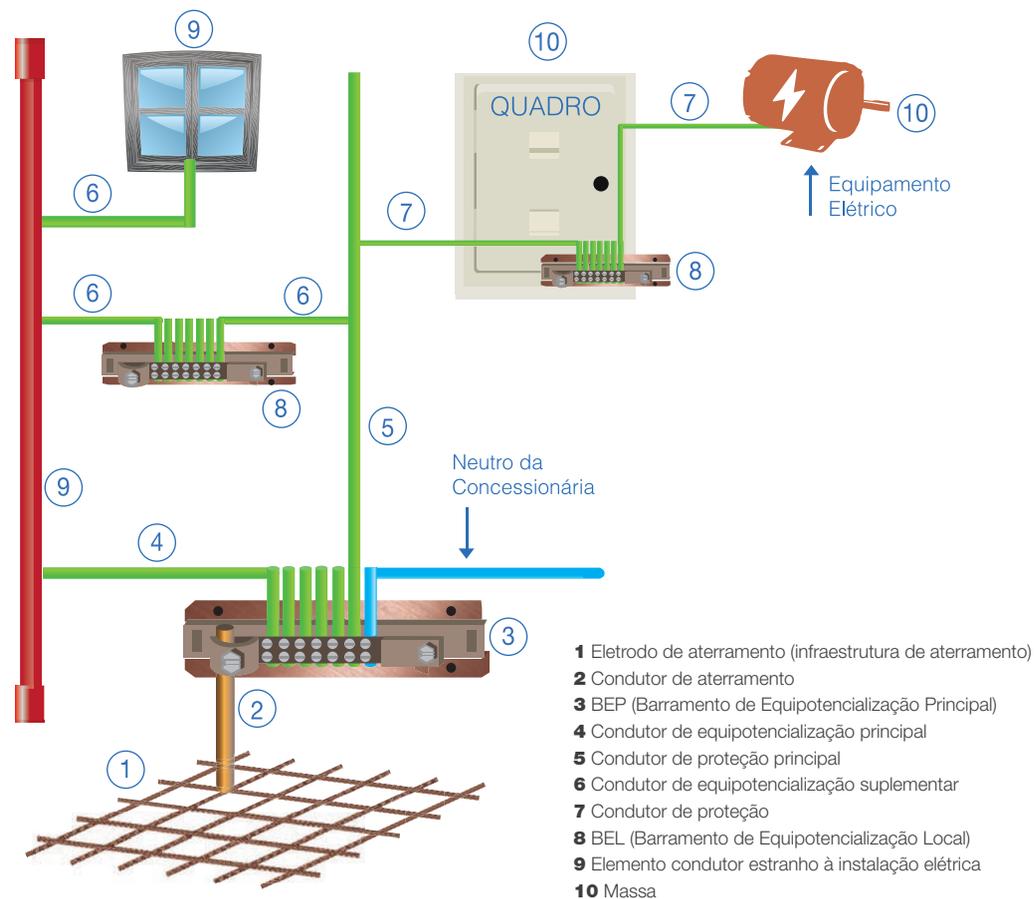
8. DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES DO SISTEMA DE ATERRAMENTO E EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

8.1 Introdução

O *aterramento*, que é tratado em 6.4.1 na NBR 5410, tem como função principal garantir a segurança das pessoas em relação às tensões de passo e toque, além do correto funcionamento das instalações elétricas e dos equipamentos por elas servidos.

Um sistema de aterramento é o conjunto de todos os eletrodos, barramentos, massas e elementos condutores estranhos à instalação elétrica que são interligados direta ou indiretamente entre si por meio dos condutores de aterramento, de proteção e de equipotencialização (ver Figura 49).

Figura 49: Principais componentes dos sistemas de aterramento e equipotencialização



Um sistema de aterramento pode ser dividido em duas partes principais, a saber:

- A primeira parte, que fica enterrada (no solo), é denominada “eletrodo de aterramento”, sendo assim definido nas normas mencionadas anteriormente: elemento ou conjunto de elementos do sistema de aterramento que assegura o contato elétrico com o solo e dispersa a corrente de defeito, de retorno ou de descarga atmosférica na terra.

- A segunda parte abrange todo o complexo de condutores (rabichos de aterramento, condutores PE, condutores para referência de sistemas e de equipotencialização) e massas metálicas (carcaças de equipamentos, estruturas e outros elementos) situadas acima do nível do solo e que deverão estar convenientemente interligados e aterrados.

Condutor de aterramento

O condutor de aterramento principal é o condutor de proteção que liga o barramento de aterramento principal ao eletrodo de aterramento.

A conexão de um condutor de aterramento ao eletrodo de aterramento embutido no concreto das fundações (a própria armadura do concreto, ou então, fita, barra ou cabo imerso no concreto) deve ser feita garantindo-se simultaneamente a continuidade elétrica, a capacidade de condução de corrente, a proteção contra corrosão, inclusive eletrolítica, e adequada fixação mecânica.

Condutor de proteção (PE)

Os condutores de proteção, ou PE, são tratados em diversos trechos do texto da NBR 5410, pois sua função é de importância fundamental para o funcionamento de vários dispositivos de proteção em uma instalação elétrica. O condutor PE é utilizado para conduzir correntes de fuga ou de falta para o eletrodo de aterramento, bem como promover a equipotencialização entre massas metálicas e a instalação elétrica.

O condutor PE é utilizado para conduzir correntes de fuga ou de falta para o eletrodo de aterramento, bem como promover a equipotencialização entre massas metálicas e a instalação elétrica.

Segundo a NBR 5410, podem ser usados como condutores de proteção:

- a) Veias de cabos multipolares;
- b) Condutores isolados, cabos unipolares ou condutores nus em conduto comum com os condutores vivos;
- c) Armações, coberturas metálicas ou blindagens de cabos;
- d) Eletrodutos metálicos e outros condutos metálicos, sob certas condições;
- e) Invólucros metálicos de barramentos blindados, sob certas condições.

É terminantemente proibido o uso como condutor de proteção, mas sem prejuízo na interligação para garantir a equipotencialização, dos seguintes elementos metálicos:

- a) Tubulações de água;
- b) Tubulações de gases ou líquidos combustíveis ou inflamáveis;
- c) Elementos de construção sujeitos a esforços mecânicos em serviço normal;
- d) Eletrodutos flexíveis, exceto quando concebidos para esse fim;
- e) Partes metálicas flexíveis;
- f) Armadura do concreto (vigas, colunas, etc.);
- g) Estruturas e elementos metálicos da edificação (vigas, colunas, etc.);
- h) Massas de equipamentos.

Os condutores PE de uma instalação devem ter continuidade elétrica garantida, devem estar adequadamente protegidos contra deterioração, esforços eletrodinâmicos e térmicos. Suas conexões devem ser acessíveis para verificações e ensaios (exceto se encapsuladas ou em emendas moldadas).

É proibida a inserção de dispositivos de comando ou manobra no condutor PE.

Condutor PEN

A utilização do condutor PEN (o neutro aterrado) é admitida em instalações fixas e sua seção mínima, relacionada a questões mecânicas, deve ser de 10 mm² (cobre).

O condutor PEN deve ser um condutor isolado e a tensão de isolamento deve ser compatível com a maior tensão a que ele possa ser submetido na instalação.

Toda vez que um condutor PEN adentrar uma edificação, o mesmo deverá ser conectado direta ou indiretamente ao BEP.

Uma regra que deve ser sempre lembrada está em 6.4.3.4.3 da NBR 5410: se, em um ponto qualquer da instalação, as funções de neutro e de condutor de proteção forem separadas, com a transformação do condutor PEN em dois condutores distintos, um destinado a neutro e o outro a condutor de proteção, não se admite que o condutor neutro, a partir desse ponto, venha a ser ligado a qualquer ponto aterrado da instalação. Por isso mesmo, esse condutor neutro não deve ser religado ao condutor PE que resultou da separação do PEN original.

Isto significa que, após a separação, o condutor de neutro passa a exercer sua função específica de conduzir correntes elétricas de retorno, de desequilíbrio de fases, ou mesmo as correntes harmônicas, enquanto o condutor PE continua como componente para interligação de elementos metálicos, normalmente desenergizados, ao eletrodo de aterramento. Reconectar o neutro ao PE após a separação significa transferir as correntes elétricas já mencionadas para esse condutor.

Equipotencialização

Deve-se entender a equipotencialização como um conceito, um conjunto de medidas a serem tomadas em uma instalação elétrica visando minimizar o surgimento de tensões perigosas provenientes das mais variadas fontes (rompimento do isolamento, raios, indução, etc.) e que não possam ser suportadas pelas instalações elétricas, equipamentos e pessoas por elas servidas.

Partindo desse princípio, a NBR 5410 estipula cada medida relacionada a uma causa da diferença de potencial a ser mitigada. Em grande parte dos casos, o atendimento de algumas recomendações resulta no cumprimento de outras. Assim como no aterramento, cujo eletrodo deve ser único para todos os componentes a serem aterrados em uma edificação, a equipotencialização tem por princípio reunir, direta ou indiretamente, todos os elementos metálicos existentes nessa edificação em um único ponto. Esse conceito é denominado "equipotencialização principal".

Cada edificação deve possuir uma equipotencialização principal e tantas equipotencializações suplementares quantas forem necessárias.

Em 6.4.2.1.1, a NBR 5410 especifica que em cada edificação deve ser realizada uma equipotencialização principal, reunindo os seguintes elementos:

- a) As armaduras de concreto armado e outras estruturas metálicas da edificação;
- b) As tubulações metálicas de água, de gás combustível, de esgoto, de sistemas de ar-condicionado, de gases industriais, de ar comprimido, de vapor, etc., bem como os elementos estruturais metálicos a elas associados;

- c) Os condutos metálicos das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- d) As blindagens, armações, coberturas e capas metálicas de cabos das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- e) Os condutores de proteção das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- f) Os condutores de interligação provenientes de outros eletrodos de aterramento porventura existentes ou previstos no entorno da edificação;
- g) Os condutores de interligação provenientes de eletrodos de aterramento de edificações vizinhas, nos casos em que essa interligação for necessária ou recomendável;
- h) O condutor neutro da alimentação elétrica, salvo se não existente ou se a edificação tiver de ser alimentada, por qualquer motivo, em esquema TT ou IT;
- i) Os condutores de proteção principais da instalação elétrica (interna) da edificação.

Em um local onde haja várias edificações, por exemplo em indústrias, condomínios horizontais ou verticais, clubes, etc., deve haver tantas equipotencializações principais quantas forem as edificações existentes. Ou seja, cada edificação deve ter sua própria equipotencialização principal.

Atendendo não só aos requisitos de equipotencialização, mas de proteção contra choques, sobrecorrentes e também para fins de compatibilidade eletromagnética, todos os circuitos, inclusive trifásicos sem o condutor de neutro, devem ser providos de condutor PE.

A equipotencialização principal de uma instalação tem como princípio a união direta ou indireta de massas metálicas a um único ponto, e deste ponto parte então a interligação para o eletrodo de aterramento. Esse ponto chama-se BEP – Barramento de Equipotencialização Principal (ver Figura 49).

Em instalações extensas, nem sempre é possível ligar diretamente todas as massas ao BEP, sendo necessário então recorrer a barramentos mais próximos das cargas, chamados de BEL – Barramento de Equipotencialização Local.

O BEP deve ser posicionado prioritariamente no ponto de entrada da instalação (onde os condutores das linhas externas adentrem a edificação), permitindo assim a interligação direta ou indireta (via DPS) com os mesmos.

Em alternativa e, dependendo das condições exigíveis de equipotencialização para proteção contra os efeitos diretos causados pelos raios, o BEP pode ser posicionado no quadro de distribuição principal – QDP.

O BEL geralmente é posicionado no interior de quadros de distribuição ou específicos para esses fins. Estas equipotencializações também visam a proteção contra choques, surtos e outros efeitos ligados à prevenção contra perturbações eletromagnéticas, porém, de forma localizada.

Quando em fase de projeto, é importante prever que todas as entradas dos serviços para aquela edificação que possuam condutos ou condutores metálicos convirjam para um mesmo ponto. Caso essa prática não seja possível, há que se criar um BEL para suprir as exigências da equipotencialização no(s) local(ais). Este BEL deverá estar conectado ao BEP sempre de forma a proporcionar ligações de baixa impedância.

Condutores de equipotencialização

Segundo 6.4.4.2 da NBR 5410, não podem ser utilizadas como condutores de equipotencialização, porém, devem integrar a mesma, quaisquer massas que possam ser parcial ou totalmente removidas da instalação por questões alheias à da própria instalação (manutenção, alteração de layout, etc.), tais como:

- a) Elementos de construção sujeitos a esforços mecânicos em serviço normal.
- b) Tubulações de água.
- c) Tubulações de gases ou líquidos combustíveis ou inflamáveis.
- d) Partes metálicas flexíveis.
- e) Eletrodutos flexíveis, exceto quando concebidos para esse fim.

8.2 Dimensionamento dos componentes que compõem os sistemas de aterramento e equipotencialização

8.2.1 Condutor de proteção

A seção mínima dos condutores de proteção deve ser calculada de acordo com 6.4.3.1.2 da NBR 5410, ou selecionada de acordo com 6.4.3.1.3.

A seção do condutor PE pode ser calculada pela expressão:

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

Onde:

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

I é o valor (eficaz) da corrente de falta que pode circular pelo dispositivo de proteção, para uma falta direta (A);

t é o tempo de atuação do dispositivo de proteção, em segundos;

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 53 a 57 da NBR 5410 dão os valores de k para condutores de proteção em diferentes condições de uso ou serviço (ver Anexo A).

Para a aplicação desta expressão com o objetivo de determinação da seção do condutor de proteção, é necessária, dentre outras condições, conhecer o valor da corrente de falta presumida (I) entre fase e condutor de proteção. Mas aqui há um problema de ordem prática, uma vez que para a determinação da corrente de falta é imprescindível conhecer as impedâncias que fazem parte do caminho desta corrente, o que, necessariamente, inclui a impedância do condutor de proteção. No entanto, esta impedância é função da seção do condutor de proteção, que é exatamente o elemento que se quer determinar com o uso da expressão anterior.

Assim sendo, o requisito de 6.4.3.1.2 tem pouca ou nenhuma aplicação prática na determinação da seção do condutor de proteção. A utilidade da expressão pode estar apenas na determinação do tempo de atuação (t) do dispositivo de proteção responsável pelo seccionamento automático, uma vez conhecidos os valores de S , I e k . Desta forma, é possível verificar se o dispositivo de proteção que provoca o seccionamento do circuito num caso de falta fase-PE irá atuar num tempo tal que o condutor de proteção suporta tal solicitação.

Esta verificação, raramente feita nos projetos, é particularmente importante nos casos em que a seção do condutor de proteção é menor (em geral, aproximadamente a metade) do que a seção do condutor de fase. Nesta situação, o dispositivo de proteção do circuito em questão estará protegendo contra esta sobrecorrente (falta fase-PE) dois condutores de seções diferentes (por exemplo: $S_{FASE} = 120 \text{ mm}^2 / S_{PE} = 70 \text{ mm}^2$).

Naturalmente, estes condutores suportam energias diferentes e, desta forma, seria possível, teoricamente, haver danos ao condutor de proteção mesmo com a existência de um dispositivo que atue no caso de corrente de falta. Isto porque, via de regra, existe apenas um dispositivo de proteção contra sobrecorrentes em cada circuito, o qual é responsável pelas atuações em sobrecarga e curto-circuito (entre fases e fase-PE).

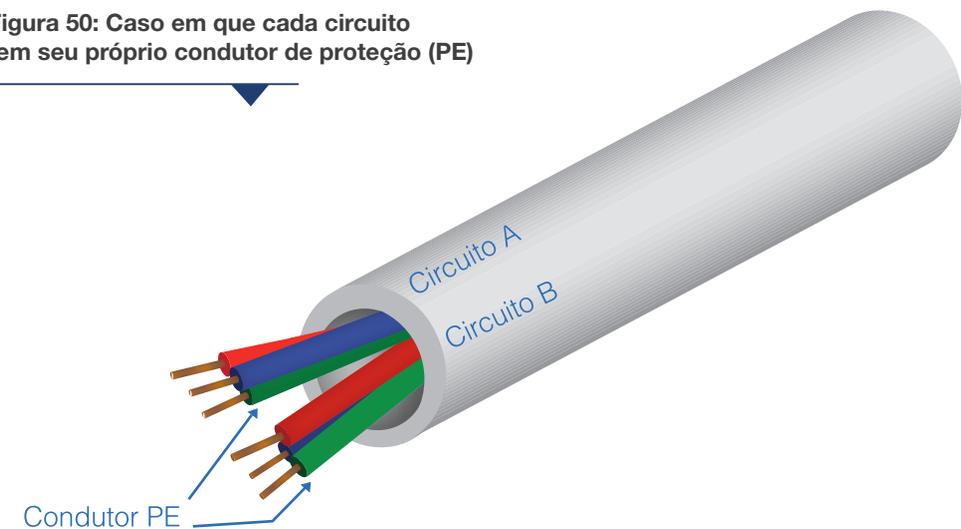
Como alternativa ao cálculo indicado, a seção do condutor de proteção pode ser determinada por uma simples consulta à Tabela 58 da norma (ver Tabela 19), que relaciona a seção do PE com a seção do condutor de fase correspondente. Os valores da Tabela 19 são válidos apenas se o condutor de proteção for constituído do mesmo metal que os condutores de fase. Caso não seja, sua seção deve ser determinada de modo que sua condutância seja equivalente à da seção obtida pela Tabela.

Tabela 19: Seção mínima do condutor de proteção

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

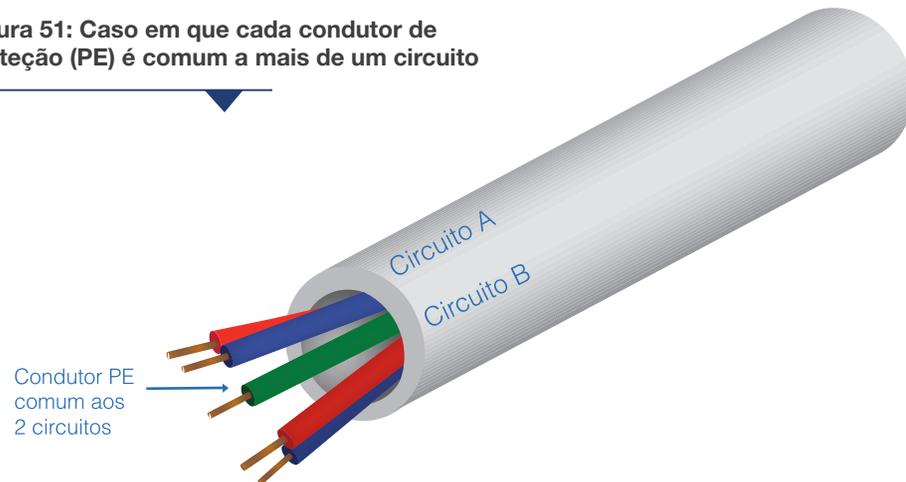
Mais do que uma alternativa, o uso da Tabela 19 é o único modo direto de escolher a seção do condutor de proteção. O conteúdo da Tabela 19 é recorrente nas várias edições da norma e sua aplicação é imediata nos casos em que cada circuito tem seu próprio condutor de proteção (Figura 50).

Figura 50: Caso em que cada circuito tem seu próprio condutor de proteção (PE)



Nos casos previstos em 6.4.3.1.5 da norma, é permitido que um condutor de proteção seja comum a dois ou mais circuitos, desde que esteja instalado no mesmo conduto que os respectivos condutores de fase. Nestes casos, indica-se que a seção do condutor PE deve ser selecionada conforme a Tabela 19, com base na maior seção de condutor de fase desses circuitos (Figura 51).

Figura 51: Caso em que cada condutor de proteção (PE) é comum a mais de um circuito



Embora não esteja tratado de modo explícito no texto da norma, nos casos em que um dado circuito é composto por cabos em paralelo por fase, sob o ponto de vista elétrico pode-se considerar cada conjunto de condutores vivos (ABCN) como um circuito independente para efeito de aplicação da prescrição de 6.4.3.1.5. Assim, por exemplo, se um circuito tem 3 cabos por fase 120 mm^2 , considera-se como se 3 circuitos de 120 mm^2 estivessem instalados no mesmo conduto, sendo então 120 mm^2 a maior seção de condutor de fase desses circuitos, resultando em um condutor de proteção de 70 mm^2 de seção nominal ($120 / 2 = 60 \text{ mm}^2$).

É importante entender que, ao permitir o compartilhamento do condutor de proteção por mais de um circuito e determinar que se considere a maior seção do condutor de fase dentre esses circuitos, a norma pressupõe que a pior falta fase-PE ocorrerá entre apenas um condutor de fase de maior seção e o PE, sem a possibilidade de ocorrência de duas faltas ou mais entre fases e o condutor de proteção. Na prática, esta suposição é bastante real e razoável.

8.2.2 Condutor de aterramento

O condutor de aterramento deve ser dimensionado conforme as mesmas prescrições do condutor de proteção, porém, quando enterrados sem qualquer tipo de proteção mecânica (que é a situação mais comum encontrada na prática), a seção mínima do condutor de cobre deverá ser de 50 mm^2 , conforme indicado na Tabela 52 da NBR 5410.

Caso seja utilizada a Tabela 19, deve-se considerar a seção dos maiores condutores de fase presentes na instalação para obter a seção do condutor de aterramento.

8.2.3 Condutores de equipotencialização principal

Os condutores de equipotencialização principal devem ser dimensionados conforme 6.4.4.1.1 da NBR 5410. Suas seções nominais não devem ser inferiores à metade da seção do condutor de proteção de maior seção da instalação, com um mínimo de 6 mm^2 e um máximo de 25 mm^2 , em cobre.

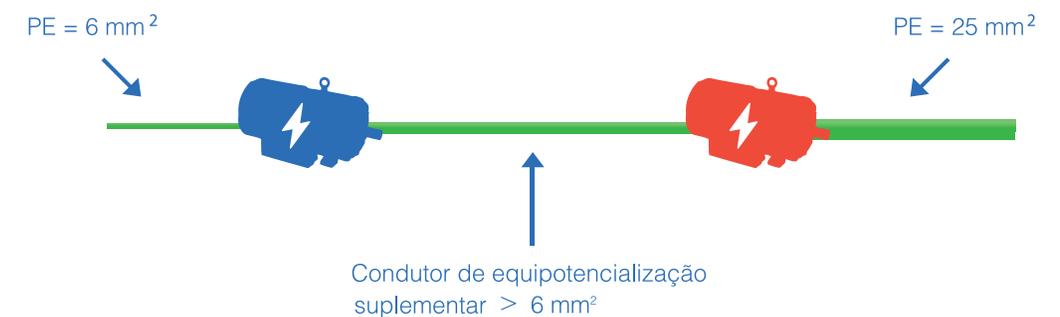
Por exemplo, supondo-se que o maior condutor de proteção da instalação tenha seção nominal de 70 mm^2 , então metade da seção é 35 mm^2 , porém, pela regra acima, a seção nominal de todos os condutores de equipotencialização principal pode ser de 25 mm^2 .

8.2.4 Condutores de equipotencialização suplementar

Os condutores de equipotencialização suplementar devem ser dimensionados conforme 6.4.4.1.2 da NBR 5410. Neste caso, a norma prevê duas situações: condutor interligando duas massas e condutor interligando uma massa e um elemento condutor estranho à instalação.

a) O condutor em cobre ou alumínio destinado a interligar (equipotencializar) duas massas deve ter uma seção igual ou superior à do condutor de proteção de menor seção ligado a essas massas (Figura 52).

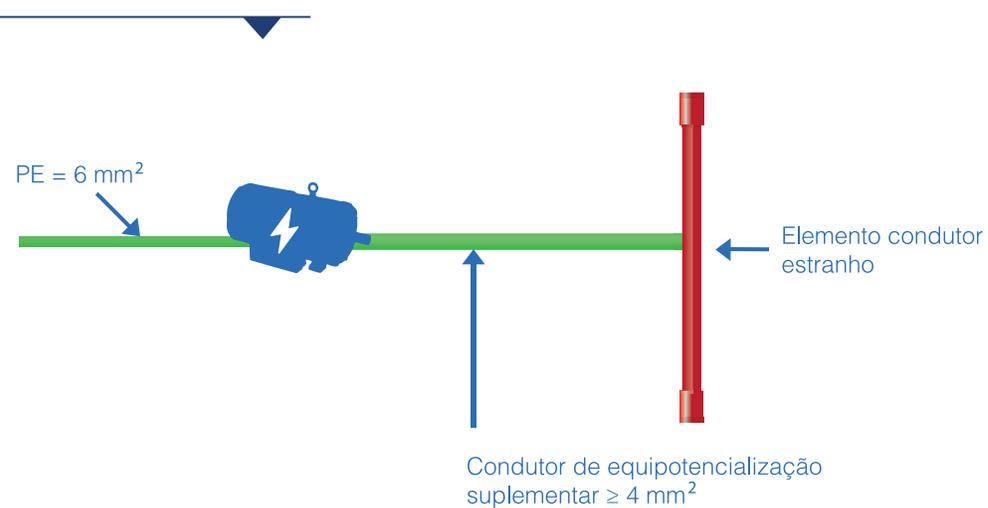
Figura 52 - Exemplo de dimensionamento de condutor de equipotencialização entre duas massas



b) O condutor em cobre ou alumínio destinado a interligar (equipotencializar) uma massa e um elemento condutor estranho à instalação elétrica deve ter uma seção igual ou superior à metade da do condutor de proteção ligado à massa (Figura 53).

No caso do exemplo da figura 3, se o PE da massa tem seção de 6 mm^2 , então $\text{SPE}/2 = 3 \text{ mm}^2$ e, portanto, a seção mínima do condutor de equipotencialização será de 4 mm^2 , que é a seção nominal padronizada mais próxima.

Figura 53: exemplo de dimensionamento de condutor de equipotencialização entre uma massa e um elemento condutor estranho à instalação elétrica



c) Em qualquer dos casos anteriores, o condutor de equipotencialização suplementar deve atender ao estabelecido em 6.4.3.1.4. Este, por sua vez, trata da seção mínima de condutores de proteção que não façam parte do mesmo cabo multipolar ou não estejam contidos no mesmo conduto fechado que os condutores de fase. Esta é, por sinal, uma situação muito usual de instalação do condutor de equipotencialização suplementar.

Desta forma, a norma estabelece a seção mínima de $2,5 \text{ mm}^2$ em cobre para o condutor de equipotencialização suplementar, se for provida proteção ao condutor contra danos mecânicos (com sua instalação em eletroduto ou eletrocalha, por exemplo); ou uma seção mínima de 4 mm^2 em cobre para o condutor de equipotencialização suplementar, se não for provida proteção ao condutor contra danos mecânicos.

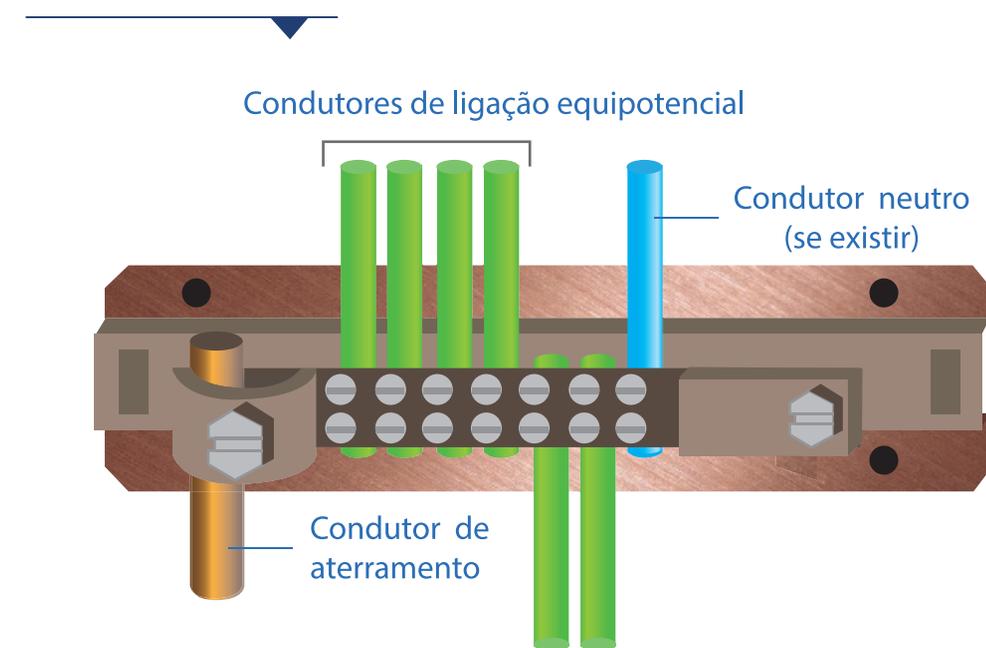
8.2.5 BEP (Barramento de Equipotencialização Principal):

O BEP é um conceito, mais do que um componente físico da instalação. Ele é um “ponto de encontro” dos condutores da equipotencialização principal e do condutor de aterramento. Não é determinado na NBR 5410 nenhum formato para o BEP. No entanto, na prática, a maneira mais usual de executar o BEP tem sido através do uso de uma barra geralmente de cobre.

Neste caso, é natural que, por coerência, a capacidade de condução de corrente desta barra (e sua seção por consequência) não deve ser inferior à capacidade de condução de corrente do condutor de aterramento.

O comprimento (L) e largura (h) do BEP devem ser tais que seja fisicamente possível realizar todas as ligações necessárias dos condutores de equipotencialização principais existentes. O número de ligações e a seção dos condutores a serem ligados ao BEP variam de projeto para projeto (Figura 54).

Figura 54: As dimensões físicas de um BEP na forma de barra dependem de cada projeto



8.2.6 BEL (Barramento de Equipotencialização Local)

Valem os mesmos comentários feitos para o BEP, exceto que deve ser verificada a capacidade de condução de corrente dos condutores de equipotencialização, em vez dos condutores de aterramento.

ANEXOS

INFORMAÇÕES
TÉCNICAS



A

TABELAS DA
NBR 5410

Tabela 30 - Valores de K para condutores com isolamento de PVC, EPR ou XLPE

| Material do Condutor | Isolação do Condutor | | | | | |
|---|-----------------------|-------|-----------------------|-------|----------|-------|
| | PVC | | | | EPR/XLPE | |
| | ≤ 300 mm ² | | > 300 mm ² | | | |
| | Temperatura | | | | | |
| | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final |
| 70° C | 160° C | 70° C | 140° C | 90° C | 250° C | |
| Cobre | 115 | | 103 | | 143 | |
| Alumínio | 76 | | 68 | | 94 | |
| Emendas soldadas em condutores de cobre | 115 | | — | | — | |

NOTAS

- 1 Outros valores de K, para os casos mencionados abaixo, ainda não estão normalizados:
- condutores de pequena seção (principalmente para seções inferiores a 10mm²);
 - curtos-circuitos de duração superior a 5s;
 - outros tipos de emendas nos condutores;
 - condutores nus.
- 2 Os valores de K indicados na tabela são baseados na IEC 60724

Tabela 33 - Tipos de Linhas Elétricas

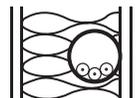
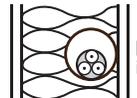
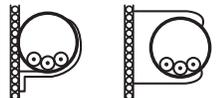
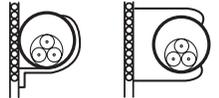
| Métodos de instalação número | Esquema ilustrativo | Descrição | Métodos de referência ¹ |
|------------------------------|---|---|------------------------------------|
| 1 |  | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾ | A1 |
| 2 |  | Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾ | A2 |
| 3 |  | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto | B1 |
| 4 |  | Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto | B2 |

Tabela 33 - Continuação

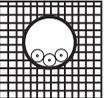
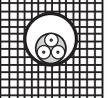
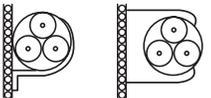
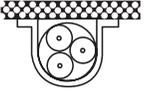
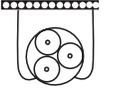
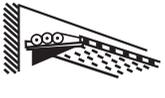
| Métodos de instalação número | Esquema ilustrativo | Descrição | Métodos de referência ¹ |
|------------------------------|---|--|------------------------------------|
| 5 |  | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não circular sobre parede | B1 |
| 6 |  | Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não circular sobre parede | B2 |
| 7 |  | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular embutido em alvenaria | B1 |
| 8 |  | Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria | B2 |
| 11 |  | Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo | C |
| 11A |  | Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto | C |
| 11B |  | Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo | C |
| 12 |  | Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não perfurada, perfilado ou prateleira ³⁾ | C |
| 13 |  | Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical ⁴⁾ | E (multipolar) F (unipolares) |

Tabela 33 - Continuação

| Métodos de instalação número | Esquema ilustrativo | Descrição | Métodos de referência ¹ |
|------------------------------|---------------------|--|---|
| 14 | | Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela | E (multipolar) F (unipolares) |
| 15 | | Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo | E (multipolar) F (unipolares) |
| 16 | | Cabos unipolares ou cabo multipolar em leito | E (multipolar) F (unipolares) |
| 17 | | Cabos unipolares ou cabo multipolar suspenso(s) por cabo de suporte, incorporado ou não | E (multipolar) F (unipolares) |
| 18 | | Condutores nus ou isolados sobre isoladores | G |
| 21 | | Cabos unipolares ou cabos multipolares em espaço de construção ⁵⁾ , sejam eles lançados diretamente sobre a superfície do espaço de construção, sejam instalados em suportes ou condutos abertos (bandeja, prateleira, tela ou leito) dispostos no espaço de construção. ^{5) 6)} | $1,5 D_0 \leq V < 5 D_0$ B2 $5 D_0 \leq V < 50 D_0$ B1 |
| 22 | | Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção. ^{5) 7)} | $1,5 D_0 \leq V < 20 D_0$ B2 $V \geq 20 D_0$ B1 |
| 23 | | Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção circular em espaço de construção. ^{5) 7)} | B2 |
| 24 | | Condutores isolados em eletroduto de seção não circular ou eletrocalha em espaço de construção. ⁵⁾ | $1,5 D_0 \leq V < 20 D_0$ B2 $V \geq 20 D_0$ B1 |

Tabela 33 - Continuação

| Métodos de instalação número | Esquema ilustrativo | Descrição | Métodos de referência ¹ |
|------------------------------------|---------------------|--|---|
| 25 | | Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não circular ou eletrocalha em espaço de construção ⁵⁾ | B2 |
| 26 | | Condutores isolados em eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria ⁶⁾ | $1,5 \leq V < 5 D_0$ B2 $5 D_0 \leq V < 50 D_0$ B1 |
| 27 | | Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria | B2 |
| 31 32 | | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical | B1 |
| 31 ^a 32 ^a | | Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical | B2 |
| 33 | | Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada embutida no piso | B1 |
| 34 | | Cabo multipolar em canaleta fechada embutida no piso | B2 |
| 35 | | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspenso(o) | B1 |
| 36 | | Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspenso(o) | B2 |

Tabela 33 - Continuação

| Métodos de instalação número | Esquema ilustrativo | Descrição | Métodos de referência ¹ |
|------------------------------|---------------------|---|--|
| 41 | | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical ⁷⁾ | $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1 |
| 42 | | Condutores isolados em eletrodutos de seção circular contido em canaleta ventilada embutida no piso | B1 |
| 43 | | Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada embutida no piso | B1 |
| 51 | | Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante ²⁾ | A1 |
| 52 | | Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica adicional | C |
| 53 | | Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica adicional | C |
| 61 | | Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado (a). | D |
| 61A | | Cabos unipolares em eletroduto (de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a) ⁸⁾ | D |
| 63 | | Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado (s), com proteção mecânica adicional ⁹⁾ | D |

Tabela 33 - Continuação

| Métodos de instalação número | Esquema ilustrativo | Descrição | Métodos de referência ¹ |
|------------------------------|---------------------|--|------------------------------------|
| 71 | | Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura | A1 |
| 72 72A | | 72 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta provida de separações sobre parede 72A - Cabo multipolar em canaleta provida de separação sobre parede | B1 B2 |
| 73 | | Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de porta | A1 |
| 74 | | Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de janela | A1 |
| 75 75A | | 75 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta embutida em parede 75A - Cabo multipolar em canaleta embutida em parede | B1 B2 |

¹⁾ Método de referência a ser utilizado na determinação da capacidade de condução de corrente. Ver 6.2.5.1.2

²⁾ Assume-se que a face interna da parede apresenta uma condutância térmica não inferior a 10W/m² . K.

³⁾ Admite-se também condutores isolados em perfilado, desde que nas condições definidas na nota de 6.2.11.4.1.

⁴⁾ A capacidade de condução de corrente para bandeja perfurada foi determinada considerando-se que os furos ocupassem no mínimo 30% da área da bandeja. Se os furos ocuparem menos de 30% da área da bandeja, ela deve ser considerada como não perfurada.

⁵⁾ Conforme a ABNT NBR IEC 60050 (826), os poços, as galerias, os pisos técnicos, os condutores formados por blocos alveolados, os forros falsos, os pisos elevados e os espaços internos existentes em certos tipos de divisórias (como por exemplo, as paredes de gesso acartonados) são considerados espaços de construção.

⁶⁾ De é o diâmetro do cabo, no caso multipolar. No caso de cabos unipolares ou condutores isolados distingue-se duas situações:
-três cabos unipolares (ou condutores isolados) dispostos em trifólio: De deve ser tomado igual a 2,2 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado;
-três cabos unipolares (ou condutores isolados) agrupados num mesmo plano: De deve ser tomado igual a 3 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado.

⁷⁾ De é o diâmetro extremo do eletroduto, quando de seção circular, ou altura/profundidade do eletroduto de seção não circular ou eletrocalha.

⁸⁾ Admite-se também o uso de condutores isolados, desde que nas condições definidas na nota de 6.2.11.6.1

⁹⁾ Admitem-se cabos diretamente enterrados sem proteção mecânica adicional, desde que esses cabos sejam providos de armação (ver 6.2.11.6). Deve-se notar, porém, que esta Norma não fornece valores de capacidade de condução de corrente para cabos armados. Tais capacidades devem ser determinadas como indicados na ABNT NBR 11303.

NOTA: Em linhas ou trechos verticais, quando a ventilação for restrita, deve-se atentar para riscos de aumento considerável da temperatura ambiente no topo do trecho vertical.

Tabela 36 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Fio Plasticom; Cabo Plasticom; Cabo Flexicom; Cabo Cobrenax; Cabo Cobrenax Flex; Cabo Multinax Flex; Cabo Superatox Flex 70°C

Condutores: cobre

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

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

| Seções nominais mm ² | Métodos de Referência indicados na Tabela 33 | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| | A1 | | A2 | | B1 | | B2 | | C | | D | |
| | Número de condutores carregados | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) |
| Cobre | | | | | | | | | | | | |
| 0,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 8 | 9 | 8 | 10 | 9 | 12 | 10 |
| 0,75 | 9 | 9 | 9 | 9 | 11 | 10 | 11 | 10 | 13 | 11 | 15 | 12 |
| 1 | 11 | 10 | 11 | 10 | 14 | 12 | 13 | 12 | 15 | 14 | 18 | 15 |
| 1,5 | 14,5 | 13,5 | 14 | 13 | 17,5 | 15,5 | 16,5 | 15 | 19,5 | 17,5 | 22 | 18 |
| 2,5 | 19,5 | 18 | 18,5 | 17,5 | 24 | 21 | 23 | 20 | 27 | 24 | 29 | 24 |
| 4 | 26 | 24 | 25 | 23 | 32 | 28 | 30 | 27 | 36 | 32 | 38 | 31 |
| 6 | 34 | 31 | 32 | 29 | 41 | 36 | 38 | 34 | 46 | 41 | 47 | 39 |
| 10 | 46 | 42 | 43 | 39 | 57 | 50 | 52 | 46 | 63 | 57 | 63 | 52 |
| 16 | 61 | 56 | 57 | 52 | 76 | 68 | 69 | 62 | 85 | 76 | 81 | 67 |
| 25 | 80 | 73 | 75 | 68 | 101 | 89 | 90 | 80 | 112 | 96 | 104 | 86 |
| 35 | 99 | 89 | 92 | 83 | 125 | 110 | 111 | 99 | 138 | 119 | 125 | 103 |
| 50 | 119 | 108 | 110 | 99 | 151 | 134 | 133 | 118 | 168 | 144 | 148 | 122 |
| 70 | 151 | 136 | 139 | 125 | 192 | 171 | 168 | 149 | 213 | 184 | 183 | 151 |
| 95 | 182 | 164 | 167 | 150 | 232 | 207 | 201 | 179 | 258 | 223 | 216 | 179 |
| 120 | 210 | 188 | 192 | 172 | 269 | 239 | 232 | 206 | 299 | 259 | 246 | 203 |
| 150 | 240 | 216 | 219 | 196 | 309 | 275 | 265 | 236 | 344 | 299 | 278 | 230 |
| 185 | 273 | 245 | 248 | 223 | 353 | 314 | 300 | 268 | 392 | 341 | 312 | 258 |
| 240 | 321 | 286 | 291 | 261 | 415 | 370 | 351 | 313 | 461 | 403 | 361 | 297 |
| 300 | 367 | 328 | 334 | 298 | 477 | 426 | 401 | 358 | 530 | 464 | 408 | 336 |
| 400 | 438 | 390 | 398 | 355 | 571 | 510 | 477 | 425 | 634 | 557 | 478 | 394 |
| 500 | 502 | 447 | 456 | 406 | 656 | 587 | 545 | 486 | 729 | 642 | 540 | 445 |

Tabela 37 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Cabo GTEPROM Flex; Cabo Multinax Flex HEPR; Cabo Superatox Flex HEPR

Condutores: cobre

Isolação: EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90°C

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

| Seções nominais mm ² | Métodos de Referência indicados na Tabela 33 | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|-----|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| | A1 | | A2 | | B1 | | B2 | | C | | D | |
| | Número de condutores carregados | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) |
| Cobre | | | | | | | | | | | | |
| 0,5 | 10 | 9 | 10 | 9 | 12 | 10 | 11 | 10 | 12 | 11 | 14 | 12 |
| 0,75 | 12 | 11 | 12 | 11 | 15 | 13 | 15 | 13 | 16 | 14 | 18 | 15 |
| 1 | 15 | 13 | 14 | 13 | 18 | 16 | 17 | 15 | 19 | 17 | 21 | 17 |
| 1,5 | 19 | 17 | 18,5 | 16,5 | 23 | 20 | 22 | 19,5 | 24 | 22 | 26 | 22 |
| 2,5 | 26 | 23 | 25 | 22 | 31 | 28 | 30 | 26 | 33 | 30 | 34 | 29 |
| 4 | 35 | 31 | 33 | 30 | 42 | 37 | 40 | 35 | 45 | 40 | 44 | 37 |
| 6 | 45 | 40 | 42 | 38 | 54 | 48 | 51 | 44 | 58 | 52 | 56 | 46 |
| 10 | 61 | 54 | 57 | 51 | 75 | 66 | 69 | 60 | 80 | 71 | 73 | 61 |
| 16 | 81 | 73 | 76 | 68 | 100 | 88 | 91 | 80 | 107 | 96 | 95 | 79 |
| 25 | 106 | 95 | 99 | 89 | 133 | 117 | 119 | 105 | 138 | 119 | 121 | 101 |
| 35 | 131 | 117 | 121 | 109 | 164 | 144 | 146 | 128 | 171 | 147 | 146 | 122 |
| 50 | 158 | 141 | 145 | 130 | 198 | 175 | 175 | 154 | 209 | 179 | 173 | 144 |
| 70 | 200 | 179 | 183 | 164 | 253 | 222 | 221 | 194 | 269 | 229 | 213 | 178 |
| 95 | 241 | 216 | 220 | 197 | 306 | 269 | 265 | 233 | 328 | 278 | 252 | 211 |
| 120 | 278 | 249 | 253 | 227 | 354 | 312 | 305 | 268 | 382 | 322 | 287 | 240 |
| 150 | 318 | 285 | 290 | 259 | 407 | 358 | 349 | 307 | 441 | 371 | 324 | 271 |
| 185 | 362 | 324 | 329 | 295 | 464 | 408 | 395 | 348 | 506 | 424 | 363 | 304 |
| 240 | 424 | 380 | 386 | 346 | 546 | 481 | 462 | 407 | 599 | 500 | 419 | 351 |
| 300 | 486 | 435 | 442 | 396 | 628 | 553 | 529 | 465 | 693 | 576 | 474 | 396 |
| 400 | 579 | 519 | 527 | 472 | 751 | 661 | 628 | 552 | 835 | 692 | 555 | 464 |
| 500 | 664 | 595 | 604 | 541 | 864 | 760 | 718 | 631 | 966 | 797 | 627 | 525 |

Tabela 38 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G

Fio Plasticom; Cabo Plasticom; Cabo Flexicom; Cabo Cobrenax; Cabo Cobrenax Flex; Cabo Multinax Flex; Cabo Superatox Flex 70°C

Condutores: cobre

Isolação: PVC ou Material não halogenado

Temperatura no condutor: 70°C

Temperatura ambiente de referência: 30°C

| Seções Nominais dos condutores mm ² | Métodos de Referência indicados na Tabela 33 | | | | | | |
|--|--|----------------------------|--|---|--|------------|----------|
| | Cabos Multipolares | | Cabos Unipolares ¹⁾ | | | | |
| | Dois condutores carregados | Três condutores carregados | Dois condutores carregados justapostos | Três condutores carregados, em trifólio | Três condutores carregados, no mesmo plano | | |
| | | | | | Justapostos | Espaçados | |
| | | | | | | Horizontal | Vertical |
| Método E | Método E | Método F | Método F | Método F | Método G | Método G | |
| | | | | | | | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
| Cobre | | | | | | | |
| 0,5 | 11 | 9 | 11 | 8 | 9 | 12 | 10 |
| 0,75 | 14 | 12 | 14 | 11 | 11 | 16 | 13 |
| 1 | 17 | 14 | 17 | 13 | 14 | 19 | 16 |
| 1,5 | 22 | 18,5 | 22 | 17 | 18 | 24 | 21 |
| 2,5 | 30 | 25 | 31 | 24 | 25 | 34 | 29 |
| 4 | 40 | 34 | 41 | 33 | 34 | 45 | 39 |
| 6 | 51 | 43 | 53 | 43 | 45 | 59 | 51 |
| 10 | 70 | 60 | 73 | 60 | 63 | 81 | 71 |
| 16 | 94 | 80 | 99 | 82 | 85 | 110 | 97 |
| 25 | 119 | 101 | 131 | 110 | 114 | 146 | 130 |
| 35 | 148 | 126 | 162 | 137 | 143 | 181 | 162 |
| 50 | 180 | 153 | 196 | 167 | 174 | 219 | 197 |
| 70 | 232 | 196 | 251 | 216 | 225 | 281 | 254 |
| 95 | 282 | 238 | 304 | 264 | 275 | 341 | 311 |
| 120 | 328 | 276 | 352 | 308 | 321 | 396 | 362 |
| 150 | 379 | 319 | 406 | 356 | 372 | 456 | 419 |
| 185 | 434 | 364 | 463 | 409 | 427 | 521 | 480 |
| 240 | 514 | 430 | 546 | 485 | 507 | 615 | 569 |
| 300 | 593 | 497 | 629 | 561 | 587 | 709 | 659 |
| 400 | 715 | 597 | 754 | 656 | 689 | 852 | 795 |
| 500 | 826 | 689 | 868 | 749 | 789 | 982 | 920 |

Tabela 39 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G

Cabo GTEPROM Flex; Cabo Multinax Flex HEPR; Cabo Superatox Flex HEPR

Condutores: cobre

Isolação: EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90°C

Temperatura ambiente de referência: 30°C

| Seções Nominais dos condutores mm ² | Métodos de Referência indicados na Tabela 33 | | | | | | |
|--|--|----------------------------|--|---|--|------------|----------|
| | Cabos Multipolares | | Cabos Unipolares ¹⁾ | | | | |
| | Dois condutores carregados | Três condutores carregados | Dois condutores carregados justapostos | Três condutores carregados, em trifólio | Três condutores carregados, no mesmo plano | | |
| | | | | | Justapostos | Espaçados | |
| | | | | | | Horizontal | Vertical |
| Método E | Método E | Método F | Método F | Método F | Método G | Método G | |
| | | | | | | | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
| Cobre | | | | | | | |
| 0,5 | 13 | 12 | 13 | 10 | 10 | 15 | 12 |
| 0,75 | 17 | 15 | 17 | 13 | 14 | 19 | 16 |
| 1 | 21 | 18 | 21 | 16 | 17 | 23 | 19 |
| 1,5 | 26 | 23 | 27 | 21 | 22 | 30 | 25 |
| 2,5 | 36 | 32 | 37 | 29 | 30 | 41 | 35 |
| 4 | 49 | 42 | 50 | 40 | 42 | 56 | 48 |
| 6 | 63 | 54 | 65 | 53 | 55 | 73 | 63 |
| 10 | 86 | 75 | 90 | 74 | 77 | 101 | 88 |
| 16 | 115 | 100 | 121 | 101 | 105 | 137 | 120 |
| 25 | 149 | 127 | 161 | 135 | 141 | 182 | 161 |
| 35 | 185 | 158 | 200 | 169 | 176 | 226 | 201 |
| 50 | 225 | 192 | 242 | 207 | 216 | 275 | 246 |
| 70 | 289 | 246 | 310 | 268 | 279 | 353 | 318 |
| 95 | 325 | 298 | 377 | 328 | 342 | 430 | 389 |
| 120 | 410 | 346 | 437 | 383 | 400 | 500 | 454 |
| 150 | 473 | 399 | 504 | 444 | 464 | 577 | 527 |
| 185 | 542 | 456 | 575 | 510 | 533 | 661 | 605 |
| 240 | 641 | 538 | 679 | 607 | 634 | 781 | 719 |
| 300 | 741 | 621 | 783 | 703 | 736 | 902 | 833 |
| 400 | 892 | 745 | 940 | 823 | 868 | 1 085 | 1 008 |
| 500 | 1 030 | 859 | 1 083 | 946 | 998 | 1 253 | 1 169 |

Tabela 40 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

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

Tabela 42 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

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

NOTAS

- Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.
- Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.
- O número de circuitos ou de cabos com o qual se consulta a tabela refere-se
 - à quantidade de grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares, cada grupo constituindo um circuito (supondo-se um só o condutor por fase, isto é, sem condutores em paralelo), e/ou
 - à quantidade de cabos multipolares que compõe o agrupamento, qualquer que seja essa composição (só condutores isolados, só cabos multipolares ou qualquer combinação).
- Se o agrupamento for constituído, ao mesmo tempo, de cabos bipolares e tripolares, deve-se considerar o número total de cabos como sendo o número de circuitos e, de posse do fator de agrupamento resultante, a determinação das capacidades de condução de corrente, nas tabelas 36 a 39, deve ser então efetuada:
 - na coluna de dois condutores carregados, para os cabos bipolares; e
 - na coluna de três condutores carregados, para os cabos tripolares.
- Um agrupamento com N condutores isolados, ou N cabos unipolares, pode ser considerado composto tanto de N/2 circuitos com dois condutores carregados quanto de N/3 circuitos com três condutores carregados.
- Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com disposição geralmente inferior a 5%.

Tabela 43 - Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores - Métodos de referência C (tabela 36 e 37), E e F (tabelas 38 e 39)

| Quantidade de camadas | Quantidade de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares por camada | | | | |
|-----------------------|--|------|--------|-------|----------|
| | 2 | 3 | 4 ou 5 | 6 a 8 | 9 e mais |
| 2 | 0,68 | 0,62 | 0,60 | 0,58 | 0,56 |
| 3 | 0,62 | 0,57 | 0,55 | 0,53 | 0,51 |
| 4 ou 5 | 0,60 | 0,55 | 0,52 | 0,51 | 0,49 |
| 6 a 8 | 0,58 | 0,53 | 0,51 | 0,49 | 0,48 |
| 9 e mais | 0,56 | 0,51 | 0,49 | 0,48 | 0,46 |

NOTAS

- Os fatores são válidos independentemente da disposição da camada, se horizontal ou vertical.
- Sobre condutores agrupados em uma única camada, ver tabela 42 (linhas 2 a 5 da tabela).
- Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301.

Tabela 46 - Número de condutores carregados a ser considerado, em função do tipo de circuito

| Esquema de condutores vivos do circuito | Número de condutores carregados a ser adotado |
|---|---|
| Monofásico a dois condutores | 2 |
| Monofásico a três condutores | 2 |
| Duas fases sem neutro | 2 |
| Duas fases com neutro | 3 |
| Trifásico sem neutro | 3 |
| Trifásico com neutro | 3 ou 4 ¹⁾ |

¹⁾ ver 6.2.5.6.1

Tabela 58 - Seção mínima do condutor de proteção

| Seção dos condutores de fase S mm ² | Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm ² |
|--|---|
| $S \leq 16$ | S |
| $16 \leq S \leq 35$ | 16 |
| $S > 35$ | S/2 |

Tabela F.1 - Fator f_n para a determinação da corrente de neutro

| Taxa de 3ª harmônica | f_n | |
|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| | Circuito trifásico com neutro | Circuito com duas fases e neutro |
| 33% a 35% | 1,15 | 1,15 |
| 36% a 40% | 1,19 | 1,19 |
| 41% a 45% | 1,24 | 1,23 |
| 46% a 50% | 1,35 | 1,27 |
| 51% a 55% | 1,45 | 1,30 |
| 56% a 60% | 1,55 | 1,34 |
| 61% a 65% | 1,64 | 1,38 |
| ≥ 66% | 1,73 | 1,41 |

INFORMAÇÕES PARA
CÁLCULOS
 DE QUEDA DE TENSÃO
 SOBRECARGA E
 CURTO-CIRCUITO

Tabela B1: Queda de tensão em V/A.km

| Seções nominais (mm) ² | Condutos fechados ¹ (material magnético) | | Condutos fechados ¹ (material não magnético) | | | |
|-----------------------------------|---|-----------|---|-----------|--------------------|-----------|
| | Cabos Cobrecom ² | | Cabos Cobrecom ² | | | |
| | Circuito monofásico e trifásico | | Circuito monofásico | | Circuito trifásico | |
| | FP = 0,8 | FP = 0,95 | FP = 0,8 | FP = 0,95 | FP = 0,8 | FP = 0,95 |
| 1,5 | 23 | 27,4 | 23,3 | 27,6 | 20,2 | 23,9 |
| 2,5 | 14 | 16,8 | 14,3 | 16,9 | 12,4 | 14,7 |
| 4 | 9,0 | 10,5 | 8,96 | 10,6 | 7,79 | 9,15 |
| 6 | 5,87 | 7,00 | 6,03 | 7,07 | 5,25 | 6,14 |
| 10 | 3,54 | 4,20 | 3,63 | 4,23 | 3,17 | 3,67 |
| 16 | 2,27 | 2,70 | 2,32 | 2,68 | 2,03 | 2,33 |
| 25 | 1,50 | 1,72 | 1,51 | 1,71 | 1,33 | 1,49 |
| 35 | 1,12 | 1,25 | 1,12 | 1,25 | 0,98 | 1,09 |
| 50 | 0,86 | 0,95 | 0,85 | 0,94 | 0,76 | 0,82 |
| 70 | 0,64 | 0,67 | 0,62 | 0,67 | 0,55 | 0,59 |
| 95 | 0,50 | 0,51 | 0,48 | 0,50 | 0,43 | 0,44 |
| 120 | 0,42 | 0,42 | 0,40 | 0,41 | 0,36 | 0,36 |
| 150 | 0,37 | 0,35 | 0,35 | 0,34 | 0,31 | 0,30 |
| 185 | 0,32 | 0,30 | 0,30 | 0,29 | 0,27 | 0,25 |
| 240 | 0,29 | 0,25 | 0,26 | 0,24 | 0,23 | 0,21 |
| 300 | 0,27 | 0,22 | 0,23 | 0,20 | 0,21 | 0,18 |
| 400 | 0,24 | 0,20 | 0,21 | 0,17 | 0,19 | 0,15 |
| 500 | 0,23 | 0,19 | 0,19 | 0,16 | 0,17 | 0,14 |

(1) Eletroduto; canaleta fechada; eletrocalha; perfilado com tampa; moldura

(2) Fio Plasticom; Cabo Plasticom; Cabo Flexicom; Cabo Cobrenax; Cabo Cobrenax Flex; Cabo Multinax Flex; Cabo Superatox Flex 70°C; Cabo GTEPROM Flex; Cabo Multinax Flex HEPR; Cabo Superatox Flex HEPR

Tabela B2: Queda de tensão em V/A.km – Temperatura no condutor 70°C

| Seções nominais (mm) ¹ | Condutos abertos ¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|----------|--------|--------------------|----------|--------|--------------------|----------------|---------------------|----------------|-------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|------|------|------|------|
| | Cabos Cobrecom ² | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cabos unipolares ³ | | | | | | | | | | Cabos unipolares ou bipolares | | Cabos trifásicos ou tetrapolares | | | | | |
| | Circuito monofásico | | | Circuito trifásico | | | Circuito trifásico | | Circuito monofásico | | Circuito trifásico | | | | | | | |
| | S = 10cm | S = 20cm | S = 2D | S = 10cm | S = 20cm | S = 2D | α ₁ | α ₂ | α ₁ | α ₂ | FP = 0,8 | FP = 0,95 | FP = 0,8 | FP = 0,95 | | | | |
| 1,5 | 23,6 | 27,8 | 23,7 | 27,8 | 23,4 | 27,6 | 20,5 | 24,0 | 20,5 | 24,1 | 20,3 | 24,0 | 20,2 | 23,9 | 23,3 | 27,6 | 20,2 | 23,9 |
| 2,5 | 14,6 | 17,1 | 14,7 | 17,1 | 14,4 | 17,0 | 12,7 | 14,8 | 12,7 | 14,8 | 12,5 | 14,7 | 12,4 | 14,7 | 14,3 | 16,9 | 12,4 | 14,7 |
| 4,0 | 9,3 | 10,7 | 9,3 | 10,7 | 9,1 | 10,6 | 8,0 | 9,3 | 8,1 | 9,3 | 7,9 | 9,2 | 7,8 | 9,2 | 9,0 | 10,6 | 7,8 | 9,1 |
| 6,0 | 6,3 | 7,2 | 6,4 | 7,2 | 6,1 | 7,1 | 5,5 | 6,3 | 5,5 | 6,3 | 5,3 | 6,2 | 5,2 | 6,1 | 6,0 | 7,1 | 5,2 | 6,1 |
| 10 | 3,9 | 4,4 | 3,9 | 4,4 | 3,7 | 4,3 | 3,4 | 3,8 | 3,4 | 3,8 | 3,2 | 3,7 | 3,2 | 3,7 | 3,6 | 4,2 | 3,1 | 3,7 |
| 16 | 2,6 | 2,8 | 2,6 | 2,8 | 2,4 | 2,7 | 2,2 | 2,4 | 2,3 | 2,5 | 2,1 | 2,4 | 2,0 | 2,3 | 2,3 | 2,7 | 2,0 | 2,3 |
| 25 | 1,73 | 1,83 | 1,80 | 1,86 | 1,59 | 1,76 | 1,52 | 1,59 | 1,57 | 1,62 | 1,40 | 1,53 | 1,32 | 1,49 | 1,50 | 1,71 | 1,31 | 1,48 |
| 35 | 1,33 | 1,36 | 1,39 | 1,39 | 1,20 | 1,29 | 1,17 | 1,19 | 1,22 | 1,22 | 1,06 | 1,13 | 0,98 | 1,09 | 1,12 | 1,25 | 0,97 | 1,08 |
| 50 | 1,05 | 1,04 | 1,11 | 1,07 | 0,93 | 0,97 | 0,93 | 0,91 | 0,98 | 0,94 | 0,82 | 0,85 | 0,75 | 0,82 | 0,85 | 0,93 | 0,74 | 0,81 |
| 70 | 0,81 | 0,76 | 0,87 | 0,80 | 0,70 | 0,71 | 0,72 | 0,67 | 0,77 | 0,70 | 0,63 | 0,62 | 0,55 | 0,59 | 0,62 | 0,67 | 0,54 | 0,58 |
| 95 | 0,65 | 0,59 | 0,71 | 0,62 | 0,56 | 0,54 | 0,58 | 0,52 | 0,64 | 0,55 | 0,50 | 0,47 | 0,43 | 0,44 | 0,48 | 0,50 | 0,42 | 0,43 |
| 120 | 0,57 | 0,49 | 0,63 | 0,52 | 0,48 | 0,44 | 0,51 | 0,43 | 0,56 | 0,46 | 0,43 | 0,39 | 0,36 | 0,36 | 0,40 | 0,41 | 0,35 | 0,35 |
| 150 | 0,50 | 0,42 | 0,56 | 0,45 | 0,42 | 0,38 | 0,45 | 0,37 | 0,51 | 0,40 | 0,38 | 0,34 | 0,31 | 0,30 | 0,35 | 0,34 | 0,30 | 0,30 |
| 185 | 0,44 | 0,36 | 0,51 | 0,39 | 0,37 | 0,32 | 0,40 | 0,32 | 0,46 | 0,35 | 0,34 | 0,29 | 0,27 | 0,25 | 0,30 | 0,29 | 0,26 | 0,25 |
| 240 | 0,39 | 0,30 | 0,45 | 0,33 | 0,33 | 0,27 | 0,35 | 0,27 | 0,41 | 0,30 | 0,30 | 0,24 | 0,23 | 0,21 | 0,26 | 0,24 | 0,22 | 0,20 |
| 300 | 0,35 | 0,26 | 0,41 | 0,29 | 0,30 | 0,23 | 0,32 | 0,23 | 0,37 | 0,26 | 0,28 | 0,21 | 0,21 | 0,19 | 0,23 | 0,20 | 0,20 | 0,18 |
| 400 | 0,32 | 0,22 | 0,37 | 0,26 | 0,27 | 0,1 | 0,29 | 0,20 | 0,34 | 0,23 | 0,25 | 0,19 | 0,18 | 0,15 | — | — | — | — |
| 500 | 0,28 | 0,20 | 0,34 | 0,23 | 0,25 | 0,48 | 0,26 | 0,18 | 0,32 | 0,21 | 0,24 | 0,17 | 0,17 | 0,14 | — | — | — | — |

(1) Sobre parede; diretamente no teto; bandeja (eletrocalha sem tampa); perfilado sem tampa; prateleira; suporte; eletrocalha aramada; tela; leito; suspenso por cabo de suporte; diretamente sobre superfície; canaleta ventilada; canaleta não ventilada; diretamente enterrado;

(2) Cabo Cobrenax; Cabo Cobrenax Flex; Cabo Multinax Flex; Cabo Superatox Flex 70°C

Tabela B3: Queda de tensão em V/A.km – Temperatura no condutor 90°C

| Seções nominais (mm) ² | Condutores abertos ¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|--------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-------------------------------|----------|----------------------------------|----------|-----------|------|
| | Cabos Cobrecom ² | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cabos unipolares ³ | | | | | | | | | | | | Cabos unipolares ou bipolares | | Cabos trifásicos ou tetrapolares | | | |
| | Circuito monofásico | | | | | | Circuito trifásico | | | | | | Circuito monofásico | | Circuito trifásico | | | |
| | S = 10cm | | S = 20cm | | S = 2D | | S = 10cm | | S = 20cm | | S = 2D | | (i) | | (ii) | | (iii) | |
| FP = 0,8 | FP = 0,95 | FP = 0,8 | FP = 0,95 | FP = 0,8 | FP = 0,95 | FP = 0,8 | FP = 0,95 | FP = 0,8 | FP = 0,95 | FP = 0,8 | FP = 0,95 | FP = 0,8 | FP = 0,95 | FP = 0,8 | FP = 0,95 | FP = 0,8 | FP = 0,95 | |
| 1,5 | 23,8 | 28,0 | 23,9 | 28,0 | 23,6 | 27,9 | 20,7 | 24,2 | 20,7 | 24,3 | 20,5 | 24,1 | 20,4 | 24,1 | 23,5 | 27,8 | 20,3 | 24,1 |
| 2,5 | 14,9 | 17,4 | 15,0 | 17,5 | 14,7 | 17,3 | 12,9 | 15,1 | 13,0 | 15,1 | 12,8 | 15,0 | 12,7 | 15,0 | 14,6 | 17,3 | 12,7 | 15,0 |
| 4,0 | 9,4 | 10,9 | 9,3 | 10,9 | 9,2 | 10,8 | 8,2 | 9,5 | 8,2 | 9,5 | 8,0 | 9,4 | 7,9 | 9,3 | 9,1 | 10,8 | 7,9 | 9,3 |
| 6,0 | 6,4 | 7,3 | 6,4 | 7,3 | 6,2 | 7,2 | 5,5 | 6,3 | 5,6 | 6,3 | 5,4 | 6,2 | 5,3 | 6,2 | 6,1 | 7,1 | 5,3 | 6,2 |
| 10 | 3,9 | 4,4 | 4,0 | 4,4 | 3,7 | 4,3 | 3,4 | 3,8 | 3,5 | 3,8 | 3,3 | 3,7 | 3,2 | 3,7 | 3,6 | 4,2 | 3,2 | 3,7 |
| 16 | 2,58 | 2,83 | 2,64 | 2,86 | 2,42 | 2,74 | 2,25 | 2,46 | 2,31 | 2,48 | 2,12 | 2,39 | 2,05 | 2,35 | 2,34 | 2,70 | 2,03 | 2,34 |
| 25 | 1,74 | 1,85 | 1,81 | 1,88 | 1,61 | 1,77 | 1,53 | 1,61 | 1,58 | 1,64 | 1,41 | 1,55 | 1,34 | 1,51 | 1,52 | 1,73 | 1,32 | 1,50 |
| 35 | 1,34 | 1,37 | 1,40 | 1,41 | 1,21 | 1,30 | 1,18 | 1,20 | 1,23 | 1,23 | 1,06 | 1,14 | 0,99 | 1,10 | 1,15 | 1,26 | 0,98 | 1,09 |
| 50 | 1,06 | 1,05 | 1,12 | 1,09 | 0,94 | 0,99 | 0,94 | 0,92 | 0,99 | 0,95 | 0,83 | 0,87 | 0,76 | 0,83 | 0,86 | 0,95 | 0,75 | 0,82 |
| 70 | 0,81 | 0,77 | 0,88 | 0,80 | 0,70 | 0,71 | 0,72 | 0,68 | 0,78 | 0,70 | 0,63 | 0,63 | 0,56 | 0,59 | 0,63 | 0,67 | 0,54 | 0,58 |
| 95 | 0,66 | 0,59 | 0,72 | 0,62 | 0,56 | 0,54 | 0,59 | 0,52 | 0,64 | 0,55 | 0,50 | 0,48 | 0,43 | 0,44 | 0,48 | 0,50 | 0,42 | 0,44 |
| 120 | 0,57 | 0,49 | 0,63 | 0,53 | 0,48 | 0,45 | 0,51 | 0,44 | 0,56 | 0,46 | 0,43 | 0,40 | 0,36 | 0,36 | 0,40 | 0,41 | 0,35 | 0,35 |
| 150 | 0,50 | 0,42 | 0,57 | 0,46 | 0,42 | 0,38 | 0,45 | 0,38 | 0,51 | 0,41 | 0,39 | 0,34 | 0,32 | 0,31 | 0,35 | 0,35 | 0,30 | 0,30 |
| 185 | 0,44 | 0,36 | 0,51 | 0,39 | 0,38 | 0,32 | 0,40 | 0,32 | 0,46 | 0,35 | 0,34 | 0,29 | 0,27 | 0,26 | 0,30 | 0,29 | 0,26 | 0,25 |
| 240 | 0,39 | 0,30 | 0,45 | 0,33 | 0,33 | 0,27 | 0,35 | 0,27 | 0,41 | 0,30 | 0,30 | 0,24 | 0,23 | 0,21 | 0,26 | 0,24 | 0,22 | 0,21 |
| 300 | 0,35 | 0,26 | 0,41 | 0,29 | 0,30 | 0,24 | 0,32 | 0,24 | 0,37 | 0,26 | 0,28 | 0,21 | 0,21 | 0,18 | 0,23 | 0,20 | 0,20 | 0,18 |
| 400 | 0,31 | 0,23 | 0,38 | 0,27 | 0,27 | 0,21 | 0,29 | 0,21 | 0,34 | 0,23 | 0,25 | 0,19 | 0,18 | 0,16 | — | — | — | — |
| 500 | 0,28 | 0,20 | 0,34 | 0,23 | 0,25 | 0,18 | 0,26 | 0,18 | 0,32 | 0,21 | 0,24 | 0,17 | 0,17 | 0,14 | — | — | — | — |

(1) Sobre parede; diretamente no teto; bandeja (eletrocalha sem tampa); perfilado sem tampa; prateleira; suporte; eletrocalha aramada; tela; leito; suspenso por cabo de suporte; diretamente sobre superfície; canaleta ventilada; canaleta não ventilada; diretamente enterrado;

(2) Cabo GTEPROM Flex; Cabo Multinax Flex HEPR; Cabo Superatox Flex HEPR

(3) Aplicável também aos condutores isolados sobre isoladores (Fio Plasticom; Cabo Plasticom; Cabo Flexicom)

Tabela B4: Fusíveis gG – NBR IEC 60269-2 e 3

| I_n (A) | I_{nf} | I_f | t_c (h) |
|------------------------|-----------|------------|---|
| ≤ 4 | $1,5 I_n$ | $2,1 I_n$ | 1 |
| $4 < I_n \leq 10$ | $1,5 I_n$ | $1,9 I_n$ | 1 |
| $10 < I_n \leq 25$ | $1,4 I_n$ | $1,75 I_n$ | 1 |
| $25 < I_n \leq 100$ | $1,3 I_n$ | $1,6 I_n$ | 1 (≤ 63 A) |
| | | | 2 (≤ 100 A) |
| $100 < I_n \leq 1.000$ | $1,2 I_n$ | $1,6 I_n$ | 2 ($100 \text{ A} \leq I_n \leq 160 \text{ A}$) |
| | | | 3 ($160 \text{ A} \leq I_n \leq 400 \text{ A}$) |
| | | | 4 ($400 \text{ A} \leq I_n \leq 1.000 \text{ A}$) |

I_n = corrente nominal do fusível

I_{nf} = corrente convencional de não fusão do fusível

I_f = corrente convencional de fusão do fusível

t_c = tempo convencional do fusível

Figura B1: Fusíveis gG – NBR IEC 60269-2 e 3

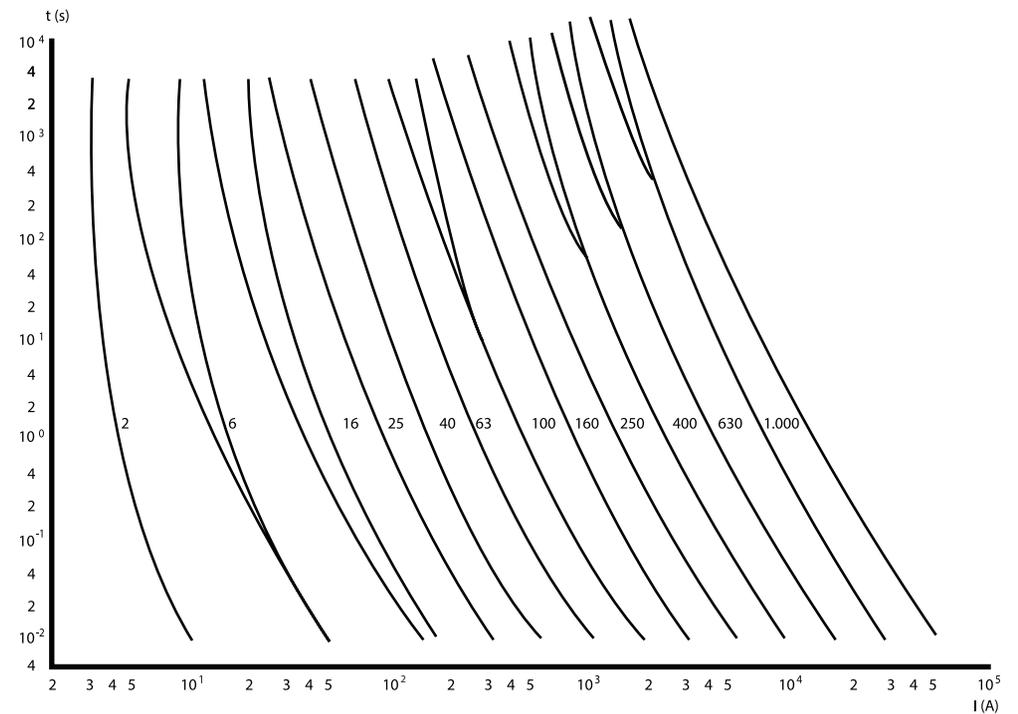


Tabela B5: Disjuntores

| Documento | I_n (A) | θ_a (°C) | I_{na} | I_a | t_c (h) |
|--------------------------------|-----------|-----------------|------------|------------|-----------|
| RTQ da Portaria do Inmetro 243 | ≤ 50 | 25 | $1,05 I_n$ | $1,35 I_n$ | 1 |
| | > 50 | | | | 2 |
| NBR NM 60898 | ≤ 63 | 30 | $1,13 I_n$ | $1,45 I_n$ | 1 |
| | > 63 | | | | 2 |
| NBR IEC 60947-2 | ≤ 63 | 30 | $1,05 I_n$ | $1,30 I_n$ | 1 |
| | > 63 | | | | 2 |

I_n = corrente nominal (ou se ajuste) do disjuntor
 I_{nf} = corrente convencional de não atuação do disjuntor
 I_p = corrente convencional de atuação do disjuntor
 θ_a = temperatura do ar ambiental durante o ensaio

Figura B2: Disjuntores NBR NM 60898

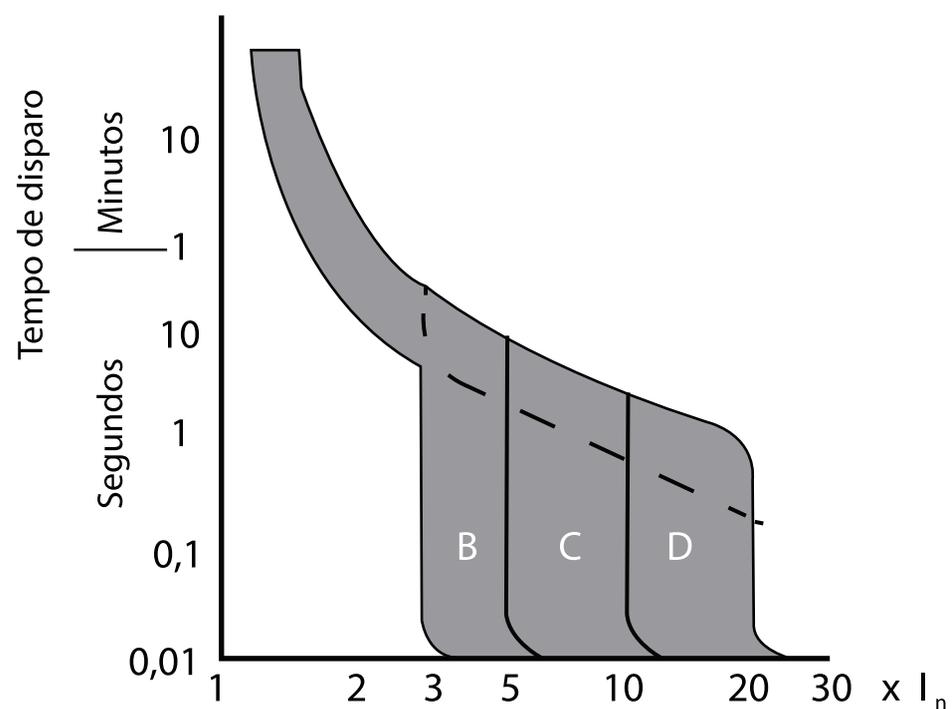


Figura B3: Disjuntores NBR IEC 60947-2 e RTQ 243

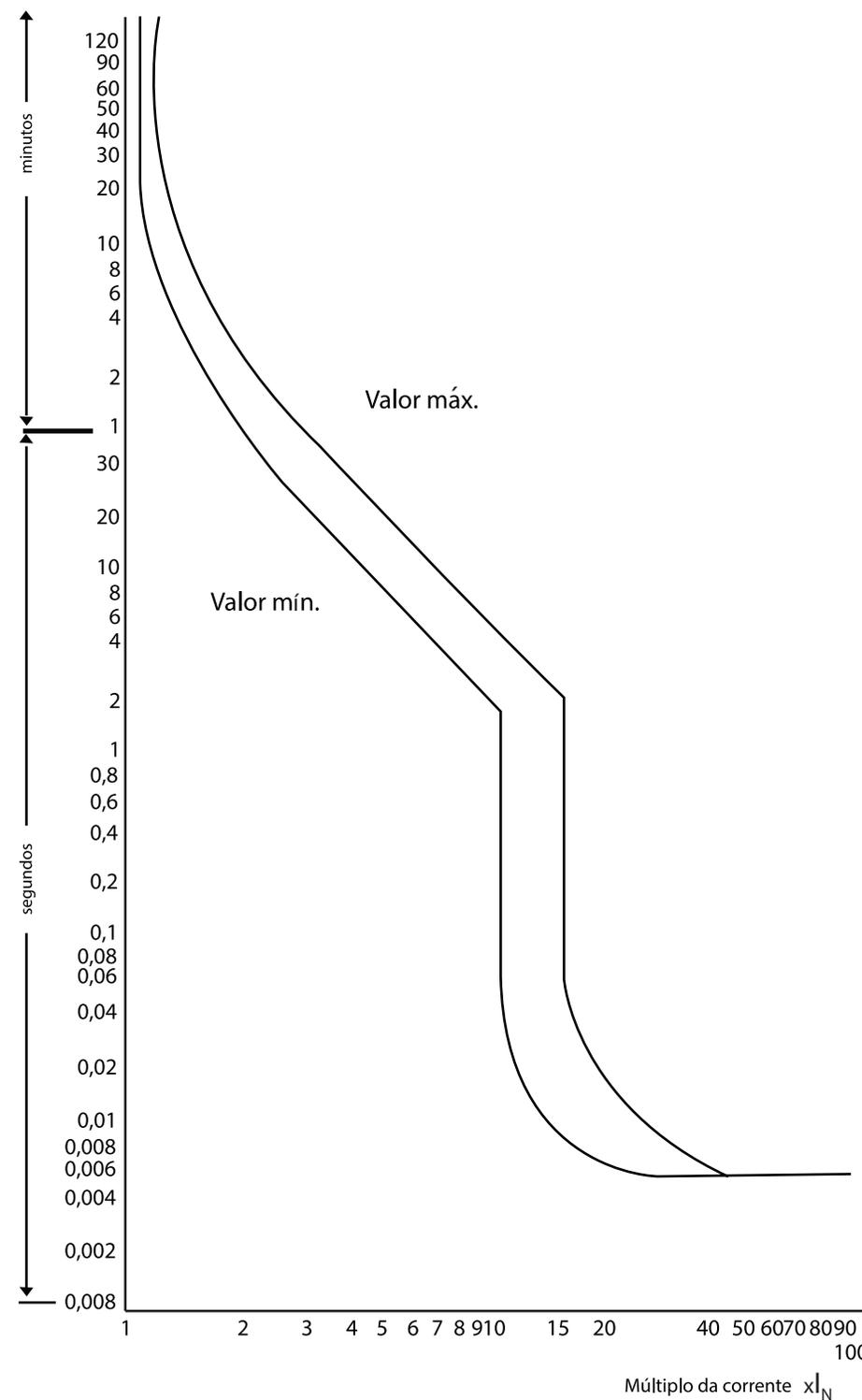
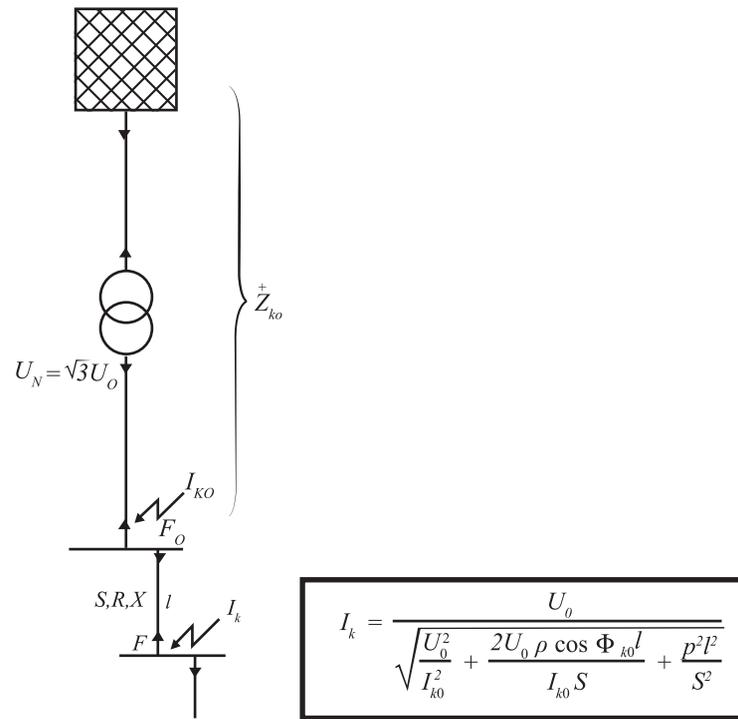


Figura B4: Cálculo simplificado de corrente de curto-circuito presumida



$$I_k = \frac{U_0}{\sqrt{\frac{U_0^2}{I_{k0}^2} + \frac{2U_0 \rho \cos \Phi_{k0} l}{I_{k0} S} + \frac{p^2 l^2}{S^2}}}$$

$$I_k = \frac{22}{\sqrt{\frac{484}{I_{k0}^2} + \frac{100 \cos \Phi_{k0} l}{I_{k0} S} + \frac{5l^2}{S^2}}}$$

para condutores de cobre, $\rho = 22,4 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, e circuitos com tensões 220/380 V ($U_0 = 220 \text{ V}$)

$$I_k = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{162}{I_{k0}^2} + \frac{57 \cos \Phi_{k0} l}{I_{k0} S} + \frac{5l^2}{S^2}}}$$

para condutores de cobre, $\rho = 22,4 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, e circuitos com tensões 127/220 V ($U_0 = 127 \text{ V}$)

| | | | | | | |
|------------------|---------|-----------|---------|----------|-----------|--------------|
| I_{k0} (KA) | 1,5 a 3 | 3,1 a 4,5 | 4,6 a 6 | 6,1 a 10 | 10,1 a 20 | Maior que 20 |
| $\cos \Phi_{k0}$ | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 0,3 | 0,25 |

Tabela B6: Corrente de curto-circuito no terminal de baixa tensão de transformadores usuais.

Assumiu-se tensão de curto-circuito igual a 4% para todos transformadores

| Potência nominal do transformador (kVA) | Corrente de curto-circuito I _{KT} (kA) |
|---|---|
| $U_N = 127/220 \text{ V}$ | |
| 15 | 2,9 |
| 30 | 5,9 |
| 45 | 8,8 |
| 75 | 14,7 |
| 112,5 | 22,1 |
| 150 | 29,5 |
| 225 | 44,2 |
| 300 | 59,0 |
| 500 | 98,3 |
| 750 | 147,4 |
| 1.000 | 196,6 |
| $U_N = 220/380 \text{ V}$ | |
| 15 | 1,7 |
| 30 | 3,4 |
| 45 | 5,1 |
| 75 | 8,5 |
| 112,5 | 12,8 |
| 150 | 17,1 |
| 225 | 25,6 |
| 300 | 34,1 |
| 500 | 56,9 |
| 750 | 85,4 |
| 1.000 | 113,8 |

www.cobrecom.com.br

cobrecom
Fios e cabos elétricos

C

PRODUTOS
COBRECOM

FIO PLASTICOM ANTICHAMA 450/750 V



159

Para tensões nominais até 450/750 V, formado por fio de cobre nu, eletrolítico, sólido, classe 1, têmpera mole, isolado com Policloreto de Vinila (PVC), tipo PVC/A para 70°C, antichama (BWF-B).

Normas básicas aplicáveis: NBR NM-247-3 e NBR NM 280 da ABNT/Mercosul.

APLICAÇÃO

São indicados para instalações internas fixas, industriais, comerciais e residenciais de luz e força, embutidos em eletrodutos, bandejas ou canaletas.



| FIO PLASTICOM | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|---|--------|--------|
| ANTICHAMA 450/750 V | | | | | | | |
| SEÇÃO NOMINAL mm ² | DIÂMETRO DO CONDUTOR mm | ESPESSURA DA ISOLAÇÃO mm | DIÂMETRO EXTERNO mm | PESO LÍQUIDO kg/100m | RESISTÊNCIA ELÉTRICA MÁX. a 20°C (Ω/km) | CORES | ACOND. |
| 1 | 1,15 C1 | 0,6 | 2,3 | 1,4 | 18,1 | ●●●●●● | ⊙ |
| 1,5 | 1,40 C1 | 0,7 | 2,8 | 1,9 | 12,1 | ●●●●●● | ⊙ |
| 2,5 | 1,76 C1 | 0,8 | 3,3 | 3,0 | 7,41 | ●●●●●● | ⊙ |
| 4 | 2,24 C1 | 0,8 | 3,7 | 4,4 | 4,61 | ●●●●●● | ⊙ |
| 6 | 2,72 C1 | 0,8 | 4,3 | 6,2 | 3,08 | ●●●●●● | ⊙ |
| 10 | 3,54 C1 | 1,0 | 5,4 | 10,5 | 1,83 | ●●●●●● | ⊙ |

C = Classe / Pesos e dimensões nominais

⊙ Rolo



CABO PLASTICOM ANTICHAMA 450/750 V



Para tensões nominais até 450/750 V, formado por fios de cobre nu, eletrolítico, têmpera mole, encordoamento classe 2, isolado com Policloreto de Vinila (PVC), tipo PVC/A para 70°C, antichama (BWF-B).

Normas básicas aplicáveis: NBR NM-247-3 e NBR NM 280 da ABNT/Mercosul.

APLICAÇÃO

São indicados para instalações internas fixas, industriais, comerciais e residenciais de luz e força, circuitos de alimentação e distribuição de energia até 750V, embutidos em eletrodutos, bandejas ou canaletas.

EMPRESA HOMOLOGADA
PETROBRAS



CABO PLASTICOM

ANTICHAMA 450/750 V

| SEÇÃO NOMINAL mm² | CONDUTOR | | ESPESSURA DA ISOLAÇÃO mm | DIÂMETRO EXTERNO mm | PESO LÍQUIDO kg/100m | RESISTÊNCIA ELÉTRICA MÁX. 20°C (Ω/km) | CORES | ACOND |
|-------------------|------------------|-------------|--------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------------------|-------|-------|
| | Nº FIO ELEMENTAR | DIÂMETRO mm | | | | | | |
| 1,5 | 7 C2 | 1,5 | 0,7 | 2,9 | 2,1 | 12,1 | ●●● | ○■ |
| 2,5 | 7 C2 | 2,0 | 0,8 | 3,6 | 3,4 | 7,41 | ●●● | ○■ |
| 4 | 7 C2 | 2,5 | 0,8 | 4,1 | 4,8 | 4,61 | ●●● | ○■ |
| 6 | 7 C2 | 3,1 | 0,8 | 4,7 | 7,0 | 3,08 | ●●● | ○■ |
| 10 | 7 C2 | 4,1 | 1,0 | 6,1 | 11,6 | 1,83 | ●●● | ○■ |
| 16 | 7 C2 | 5,1 | 1,0 | 7,1 | 17,6 | 1,15 | ●●● | ○■ |
| 25 | 7 C2 | 6,3 | 1,2 | 8,7 | 26,5 | 0,727 | ●●● | ○■ |
| 35 | 7 C2 | 7,5 | 1,2 | 9,9 | 35,7 | 0,524 | ●●● | ○■ |
| 50 | 19 C2 | 8,8 | 1,4 | 11,6 | 49,2 | 0,387 | ●●● | ○■ |
| 70 | 19 C2 | 10,5 | 1,4 | 13,3 | 66,0 | 0,268 | ●●● | ○■ |
| 95 | 19 C2 | 12,3 | 1,6 | 15,5 | 91,0 | 0,193 | ●●● | ■ |
| 120 | 37 C2 | 13,8 | 1,6 | 17,0 | 114,8 | 0,153 | ●●● | ■ |
| 150 | 37 C2 | 15,9 | 1,8 | 19,5 | 144,6 | 0,124 | ●●● | ■ |
| 185 | 37 C2 | 17,0 | 2,0 | 21 | 172,0 | 0,0991 | ●●● | ■ |
| 240 | 61 C2 | 20,3 | 2,2 | 24,7 | 225,5 | 0,0754 | ●●● | ■ |
| 300 | 61 C2 | 22,6 | 2,4 | 27,4 | 285,0 | 0,0601 | ●●● | ■ |

C = Classe / Pesos e dimensões nominais



www.cobrecom.com.br

Cobrecom
Fios e cabos elétricos

CABO FLEXICOM ANTICHAMA 450/750 V



Para tensões nominais até 450/750 V, formado por fios de cobre nu, eletrolítico, têmpera mole, encordoamento classes 4 e 5 (flexíveis), isolado com Policloreto de Vinila (PVC), tipo PVC/A para 70°C, antichama (BWF-B).

Normas básicas aplicáveis: NBR NM-247-3 e NBR NM 280 da ABNT/Mercosul.

APLICAÇÃO

São indicados para instalações internas fixas, industriais, comerciais e residenciais de luz e força, painéis de comando, sinalização e nas instalações elétricas de automóveis e veículos motorizados, embutidos em eletrodutos, bandejas ou canaletas.

EMPRESA HOMOLOGADA
PETROBRAS



CABO FLEXICOM

ANTICHAMA 450/750 V

| SEÇÃO NOMINAL mm ² | CLASSE ENCOR. | DIÂMETRO DO CONDUTOR mm | ESPESSURA DA ISOLAÇÃO mm | DIÂMETRO EXTERNO mm | PESO LÍQUIDO kg/100m | RESISTÊNCIA ELÉTRICA MÁX. 20°C (Ω/km) | CORES | ACOND. |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------------------|----------|-----------|
| 0,5 | C4 | 0,9 | 0,6 | 2,1 | 0,9 | 39,00 | ●●●●●●●● | ○ ■ ■ ■ |
| 0,75 | C4 | 1,1 | 0,6 | 2,3 | 1,2 | 26,00 | ●●●●●●●● | ○ ■ ■ ■ |
| 1 | C4 | 1,3 | 0,6 | 2,5 | 1,4 | 19,50 | ●●●●●●●● | ○ ■ ■ ■ |
| 1,5 | C4 | 1,5 | 0,7 | 2,9 | 2,1 | 13,30 | ●●●●●●●● | ○ ■ ■ ■ □ |
| 2,5 | C4 | 1,9 | 0,8 | 3,5 | 3,1 | 7,98 | ●●●●●●●● | ○ ■ ■ ■ □ |
| 4 | C4 | 2,5 | 0,8 | 4,0 | 4,6 | 4,95 | ●●●●●●●● | ○ ■ ■ ■ □ |
| 6 | C4 | 3,0 | 0,8 | 4,6 | 6,3 | 3,30 | ●●●●●●●● | ○ ■ ■ ■ □ |
| 10 | C5 | 4,0 | 1,0 | 6,0 | 10,7 | 1,91 | ●●●●●●●● | ○ ■ ■ ■ □ |
| 16 | C5 | 5,1 | 1,0 | 7,0 | 16,0 | 1,21 | ●●●●●●●● | ○ ■ ■ ■ |
| 25 | C5 | 6,7 | 1,2 | 9,0 | 25,3 | 0,780 | ●●●●●●●● | ○ ■ ■ ■ |
| 35 | C5 | 7,9 | 1,2 | 10,0 | 34,0 | 0,554 | ●●●●●●●● | ○ ■ ■ ■ |
| 50 | C5 | 9,5 | 1,4 | 12,3 | 49,0 | 0,386 | ●●●●●●●● | ○ ■ ■ ■ |
| 70 | C5 | 11,1 | 1,4 | 13,6 | 65,5 | 0,272 | ●●●●●●●● | ○ ■ ■ ■ |
| 95 | C5 | 13,0 | 1,6 | 15,4 | 87,5 | 0,206 | ●●●●●●●● | ■ ■ ■ ■ |
| 120 | C5 | 14,6 | 1,6 | 17,2 | 111,5 | 0,161 | ●●●●●●●● | ■ ■ ■ ■ |
| 150 | C5 | 16,4 | 1,8 | 19,2 | 136,0 | 0,129 | ●●●●●●●● | ■ ■ ■ ■ |
| 185 | C5 | 17,9 | 2,0 | 21,9 | 169,0 | 0,106 | ●●●●●●●● | ■ ■ ■ ■ |
| 240 | C5 | 20,6 | 2,2 | 24,4 | 224,0 | 0,0801 | ●●●●●●●● | ■ ■ ■ ■ |
| 300 | C5 | 23,0 | 2,4 | 27,8 | 283,0 | 0,0641 | ●●●●●●●● | ■ ■ ■ ■ |
| 400 | C5 | 27,0 | 2,6 | 32,2 | 389,0 | 0,0486 | ●●●●●●●● | ■ ■ ■ ■ |
| 500 | C5 | 30,0 | 2,8 | 35,8 | 485,0 | 0,0384 | ●●●●●●●● | ■ ■ ■ ■ |

C = Classe / Pesos e dimensões nominais

○ Rolo ■ Bobina ■ Carretel □ Encartelado

www.cobrecom.com.br

Cobrecom
Fios e cabos elétricos

CABO COBRENAX ANTICHAMA 0,6/1 kV



Para tensões nominais até 0,6/1 kV, formado por fios de cobre nu, eletrolítico, têmpera mole, encordoamento classe 2, isolado com Policloreto de Vinila (PVC), tipo PVC/A para 70°C, antichama (BWF-B) e cobertura de Policloreto de Vinila (PVC), tipo ST 1, antichama (BWF-B).

Normas básicas aplicáveis: NBR 7288 e NBR NM-280 da ABNT.

APLICAÇÃO

São indicados nos circuitos de alimentação e distribuição de energia para tensões de até 1 kV, em eletrodutos, bandejas, canaletas e dutos subterrâneos.

EMPRESA HOMOLOGADA
PETROBRAS



www.cobrecom.com.br

Cobrecom
Fios e cabos elétricos

CABO COBRENAX

ANTICHAMA 0,6/1 kV

| SEÇÃO NOMINAL mm ² | CONDUTOR | | ESPESSURA | | DIÂMETRO EXTERNO mm | PESO LÍQUIDO kg / 100m | RESISTÊNCIA ELÉTRICA MÁX. a 20°C (Ω/km) | COR DA ISOLAÇÃO | COR DA COBERTURA | ACOND. |
|-------------------------------|------------------|-------------|-------------|--------------|---------------------|------------------------|---|-----------------|------------------|--------|
| | Nº FIO ELEMENTAR | DIÂMETRO mm | ISOLAÇÃO mm | COBERTURA mm | | | | | | |
| 6 | 7 C2 | 3,1 | 1,0 | 1,0 | 7,1 | 10,5 | 3,08 | ○ | ●●●● | ○ |
| 10 | 7 C2 | 4,1 | 1,0 | 1,0 | 8,1 | 14,9 | 1,83 | ○ | ●●●● | ○ |
| 16 | 7 C2 | 5,1 | 1,0 | 1,0 | 9,1 | 21,75 | 1,15 | ○ | ●●●● | ○ |
| 25 | 7 C2 | 6,3 | 1,2 | 1,1 | 10,9 | 32,6 | 0,727 | ○ | ●●●● | ○ |
| 35 | 7 C2 | 7,5 | 1,2 | 1,1 | 12,0 | 42,2 | 0,524 | ○ | ●●●● | ○ |
| 50 | 19 C2 | 8,8 | 1,4 | 1,2 | 14,0 | 56,5 | 0,387 | ○ | ●●●● | ○ |
| 70 | 19 C2 | 10,5 | 1,4 | 1,2 | 15,7 | 76,0 | 0,268 | ○ | ●●●● | ○ |
| 95 | 19 C2 | 12,4 | 1,6 | 1,3 | 17,9 | 102,8 | 0,193 | ○ | ●●●● | ■ |
| 120 | 37 C2 | 14,1 | 1,6 | 1,4 | 19,8 | 127,5 | 0,153 | ○ | ●●●● | ■ |
| 150 | 37 C2 | 15,6 | 1,8 | 1,4 | 22,2 | 160,6 | 0,124 | ○ | ●●●● | ■ |
| 185 | 37 C2 | 17,4 | 2,0 | 1,5 | 24,4 | 193,0 | 0,099 | ○ | ●●●● | ■ |
| 240 | 61 C2 | 20,0 | 2,2 | 1,6 | 27,2 | 251,0 | 0,075 | ○ | ●●●● | ■ |
| 300 | 61 C2 | 22,5 | 2,4 | 1,7 | 30,4 | 315,0 | 0,060 | ○ | ●●●● | ■ |

C = Classe / Pesos e dimensões nominais

○ Rolo ■ Bobina

CABO COBRENAX FLEX ANTICHAMA 0,6/1 kV



Para tensões nominais até 0,6/1 kV, formado por fios de cobre nu, eletrolítico, têmpera mole, encordoamento classes 4 e 5 (flexíveis), isolado com Policloreto de Vinila (PVC), tipo PVC/A para 70°C, antichama (BWF-B) e cobertura de Policloreto de Vinila (PVC), tipo ST 1, antichama (BWF-B).

Normas básicas aplicáveis: NBR 7288 da ABNT e NBR NM 280 da ABNT/Mercosul.

APLICAÇÃO

São indicados nos circuitos de alimentação e distribuição de energia para tensões de até 1 kV, em eletrodutos, bandejas, canaletas e dutos subterrâneos que requerem boa flexibilidade na sua instalação.



| CABO COBRENAX FLEX | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|-------------------------|-------------|--------------|---------------------|----------------------|---|-----------------|------------------|--------|
| ANTICHAMA 0,6/1 kV | | | | | | | | | | |
| SEÇÃO NOMINAL mm² | CLASSE ENCOR. | DIÂMETRO DO CONDUTOR mm | ESPESSURA | | DIÂMETRO EXTERNO mm | PESO LÍQUIDO kg/100m | RESISTÊNCIA ELÉTRICA MÁX. a 20°C (Ω/km) | COR DA ISOLAÇÃO | COR DA COBERTURA | ACOND. |
| | | | ISOLAÇÃO mm | COBERTURA mm | | | | | | |
| 1,5 | C4 | 1,5 | 0,8 | 0,9 | 5,0 | 4,0 | 13,30 | ○ | ●●● | ○ |
| 2,5 | C4 | 1,9 | 0,8 | 0,9 | 5,4 | 5,2 | 7,98 | ○ | ●●● | ○ |
| 4 | C4 | 2,5 | 1,0 | 1,0 | 6,5 | 7,7 | 4,95 | ○ | ●●● | ○ |
| 6 | C4 | 3,1 | 1,0 | 1,0 | 7,1 | 9,9 | 3,30 | ○ | ●●● | ○ |
| 10 | C5 | 4,0 | 1,0 | 1,0 | 8,0 | 14,1 | 1,91 | ○ | ●●● | ○ |
| 16 | C5 | 5,1 | 1,0 | 1,0 | 9,1 | 20,1 | 1,21 | ○ | ●●● | ○ |
| 25 | C5 | 6,5 | 1,2 | 1,1 | 11,2 | 31,0 | 0,780 | ○ | ●●● | ○ |
| 35 | C5 | 7,3 | 1,2 | 1,1 | 12,2 | 40,6 | 0,554 | ○ | ●●● | ○ |
| 50 | C5 | 9,0 | 1,4 | 1,2 | 14,7 | 57,3 | 0,386 | ○ | ●●● | ○ |
| 70 | C5 | 10,4 | 1,4 | 1,2 | 16,0 | 76,0 | 0,272 | ○ | ●●● | ○ |
| 95 | C5 | 12,0 | 1,6 | 1,3 | 18,0 | 99,2 | 0,206 | ○ | ●●● | ■ |
| 120 | C5 | 14,0 | 1,6 | 1,4 | 20,0 | 125,0 | 0,161 | ○ | ●●● | ■ |
| 150 | C5 | 15,5 | 1,8 | 1,4 | 22,0 | 152,0 | 0,129 | ○ | ●●● | ■ |
| 185 | C5 | 17,4 | 2,0 | 1,5 | 24,7 | 189,0 | 0,106 | ○ | ●●● | ■ |
| 240 | C5 | 20,0 | 2,2 | 1,6 | 27,6 | 245,0 | 0,0801 | ○ | ●●● | ■ |
| 300 | C5 | 22,0 | 2,4 | 1,7 | 31,4 | 309,0 | 0,0641 | ○ | ●●● | ■ |
| 400 | C5 | 27,0 | 2,6 | 1,7 | 35,6 | 417,0 | 0,0486 | ○ | ●●● | ■ |
| 500 | C5 | 30,0 | 2,8 | 1,9 | 39,6 | 519,0 | 0,0384 | ○ | ●●● | ■ |

C = Classe / Pesos e dimensões nominais

○ Rolo ■ Bobina



CABO MULTINAX FLEX 0,6/1 kV (2, 3 e 4 condutores)



Para tensões nominais até 0,6/1 kV, formado por fios de cobre nu, eletrolítico, têmpera mole, encordoamento classes 4 e 5 (flexíveis), as veias são isoladas com Policloreto de Vinila (PVC), tipo PVC/A para 70°C torcidas entre si, formando o núcleo, e cobertura extrudada com Policloreto de Vinila (PVC), tipo ST 1, antichama (BWF-B).

Normas básicas aplicáveis: NBR 7288 e NBR NM-280 da ABNT/Mercosul.

APLICAÇÃO

São indicados nos circuitos de alimentação e distribuição de energia elétrica para até 1 kV, nas instalações fixas comerciais, residenciais e industriais que requeiram flexibilidade nas instalações de painéis, caixas de derivação e etc.

EMPRESA HOMOLOGADA
PETROBRAS



CABO MULTINAX FLEX

0,6/1 kV (2, 3 e 4 condutores)

| SEÇÃO NOMINAL mm² | CLASSE ENCOR. | DIÂMETRO DO CONDUTOR mm | ESPESSURA | | DIÂMETRO EXTERNO mm | PESO LÍQUIDO kg/100m | RESISTÊNCIA ELÉTRICA MÁX. a 20°C (Ω/km) | COR DA ISOLAÇÃO | COR DA COBERTURA | ACOND. |
|----------------------|---------------|----------------------------|----------------|-----------------|------------------------|-------------------------|--|-----------------|------------------|--------|
| | | | ISOLAÇÃO mm | COBERTURA mm | | | | | | |
| 2 x 1,5 | C4 | 1,5 | 0,8 | 1,0 | 8,2 | 10,0 | 13,3 | ●● | ● | ○■ |
| 2 x 2,5 | C4 | 1,9 | 0,8 | 1,0 | 9,0 | 12,8 | 7,98 | ●● | ● | ○■ |
| 2 x 4 | C4 | 2,5 | 1,0 | 1,2 | 11,4 | 20,5 | 4,95 | ●● | ● | ○■ |
| 2 x 6 | C4 | 3,1 | 1,0 | 1,2 | 12,6 | 26,7 | 3,30 | ●● | ● | ○■ |
| 2 x 10 | C5 | 4,0 | 1,0 | 1,2 | 14,4 | 38,1 | 1,91 | ●● | ● | ○■ |
| 2 x 16 | C5 | 5,1 | 1,0 | 1,3 | 17,8 | 58,0 | 1,21 | ●● | ● | ■ |
| 2 x 25 | C5 | 6,5 | 1,2 | 1,4 | 22,4 | 92,4 | 0,780 | ●● | ● | ■ |
| 2 x 35 | C5 | 7,3 | 1,2 | 1,4 | 24,8 | 118,5 | 0,554 | ●● | ● | ■ |
| 3 x 1,5 | C4 | 1,5 | 0,8 | 1,0 | 8,7 | 12,0 | 13,30 | ●●● | ● | ○■ |
| 3 x 2,5 | C4 | 1,9 | 0,8 | 1,1 | 9,7 | 16,0 | 7,98 | ●●● | ● | ○■ |
| 3 x 4 | C4 | 2,5 | 1,0 | 1,2 | 12,1 | 25,2 | 4,95 | ●●● | ● | ○■ |
| 3 x 6 | C4 | 3,1 | 1,0 | 1,2 | 13,6 | 33,6 | 3,30 | ●●● | ● | ■ |
| 3 x 10 | C5 | 4,0 | 1,0 | 1,2 | 15,5 | 48,1 | 1,91 | ●●● | ● | ■ |
| 3 x 16 | C5 | 5,1 | 1,0 | 1,3 | 19,1 | 74,2 | 1,21 | ●●● | ● | ■ |
| 3 x 25 | C5 | 6,5 | 1,2 | 1,4 | 23,9 | 115,6 | 0,780 | ●●● | ● | ■ |
| 3 x 35 | C5 | 7,3 | 1,2 | 1,5 | 26,7 | 151,9 | 0,554 | ●●● | ● | ■ |
| 4 x 1,5 | C4 | 1,5 | 0,8 | 1,0 | 9,5 | 14,8 | 13,30 | ●●●● | ● | ○■ |
| 4 x 2,5 | C4 | 1,9 | 0,8 | 1,1 | 10,6 | 20,5 | 7,98 | ●●●● | ● | ○■ |
| 4 x 4 | C4 | 2,5 | 1,0 | 1,2 | 13,3 | 32,7 | 4,95 | ●●●● | ● | ○■ |
| 4 x 6 | C4 | 3,1 | 1,0 | 1,2 | 14,9 | 43,6 | 3,30 | ●●●● | ● | ○■ |
| 4 x 10 | C5 | 4,0 | 1,0 | 1,3 | 17,4 | 65,9 | 1,91 | ●●●● | ● | ○■ |
| 4 x 16 | C5 | 5,1 | 1,0 | 1,3 | 20,9 | 92,6 | 1,21 | ●●●● | ● | ○■ |
| 4 x 25 | C5 | 6,5 | 1,2 | 1,5 | 26,3 | 152,8 | 0,780 | ●●●● | ● | ■ |
| 4 x 35 | C5 | 7,3 | 1,2 | 1,6 | 29,4 | 205,1 | 0,554 | ●●●● | ● | ■ |

C = Classe / Pesos e dimensões nominais

○ Rolo

■ Bobina

www.cobrecom.com.br

Cobrecom
Fios e cabos elétricos

CABO SUPERATOX FLEX ANTICHAMA 450/750 V



Para tensões nominais até 450/750 V, formado por fios de cobre nu, eletrolítico, têmpera mole, encordoamento classes 4 e 5 (flexíveis), isolado com polimérico, tipo poliolefinico não halogenado para 70°C, com características de não propagação e autoextinção do fogo e com baixa emissão de fumaça.

Normas básicas aplicáveis: Requisitos do produto - NBR 13248 da ABNT - Cabos de potência e controle e condutores isolados sem cobertura, com isolação extrudada e com baixa emissão de fumaça para tensões até 1 kV. Requisitos de desempenho - Formação do condutor e Resistência elétrica - NBR NM-280 da ABNT/Mercosul.

APLICAÇÃO

São indicados para utilização em locais com alta densidade de ocupação e/ou em condições difíceis de fuga, tais como, estádios de futebol, shopping centers, hospitais, escolas, cinemas, teatros, hotéis, torres comerciais e residenciais, centros de convenções e metrô, conforme recomendado pelas normas NBR 5410 e 13570 da ABNT.



Os cabos Superatox da Cobrecom oferecem maior segurança por apresentarem características especiais de não propagação e autoextinção de fogo e baixo índice de emissão de fumaça, sendo isentos de halogênio, resultando um pequeno desprendimento de gases não tóxicos e isentos de ácidos, minimizando os danos às pessoas, equipamentos e ao meio ambiente.

CABO SUPERATOX FLEX

ANTICHAMA 450/750 V

| SEÇÃO NOMINAL mm ² | CLASSE ENCOR. | DIÂMETRO DO CONDUTOR mm | ESPESSURA DA ISOLAÇÃO mm | DIÂMETRO EXTERNO mm | PESO LÍQUIDO kg /100m | RESISTÊNCIA ELÉTRICA MÁX. Ω/km a 20°C | CORES | ACOND. |
|----------------------------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|---|----------|--------|
| 1,5 | C4 | 1,5 | 0,7 | 3 | 2 | 13,3 | ●●●●●●●● | ○ ■ |
| 2,5 | C4 | 1,9 | 0,8 | 3,5 | 3 | 7,98 | ●●●●●●●● | ○ ■ |
| 4 | C4 | 2,5 | 0,8 | 4,1 | 4,5 | 4,95 | ●●●●●●●● | ○ ■ |
| 6 | C4 | 3 | 0,8 | 4,6 | 6,2 | 3,3 | ●●●●●●●● | ○ ■ |
| 10 | C5 | 4 | 1 | 6 | 10,6 | 1,91 | ●●●● | ○ ■ |
| 16 | C5 | 5 | 1 | 7 | 15,5 | 1,21 | ●●●● | ○ ■ |
| 25 | C5 | 6,5 | 1,2 | 8,9 | 24,3 | 0,78 | ●●●● | ○ ■ |
| 35 | C5 | 7,8 | 1,2 | 10,2 | 32,7 | 0,554 | ●●●● | ○ ■ |
| 50 | C5 | 9,5 | 1,4 | 12,3 | 48 | 0,386 | ●●●● | ○ ■ |
| 70 | C5 | 10,8 | 1,4 | 13,6 | 64,4 | 0,272 | ●●●● | ○ ■ |
| 95 | C5 | 12,6 | 1,6 | 15,8 | 87,9 | 0,206 | ●●●● | ○ ■ |
| 120 | C5 | 14 | 1,6 | 17,2 | 108,5 | 0,161 | ●●●● | ○ ■ |
| 150 | C5 | 16 | 1,8 | 19,6 | 134,9 | 0,129 | ●●●● | ○ ■ |
| 185 | C5 | 17,7 | 2 | 21,7 | 166 | 0,106 | ●●●● | ○ ■ |
| 240 | C5 | 20 | 2,2 | 24,4 | 221,5 | 0,0801 | ●●●● | ○ ■ |
| 300 | C5 | 23 | 2,4 | 27,8 | 279,3 | 0,0641 | ●●●● | ○ ■ |
| 400 | C5 | 27 | 2,6 | 32,2 | 377,7 | 0,0486 | ●●●● | ○ ■ |
| 500 | C5 | 30,2 | 2,8 | 35,8 | 467 | 0,0384 | ●●●● | ○ ■ |

C = Classe / Pesos e dimensões nominais

○ Rele ■ Bobina



CABO GTEPROM FLEX HEPR 90°C 0,6/1 kV



Para tensões nominais até 0,6/1 kV, formado por fios de cobre nu, eletrolítico, têmpora mole, encordoamento classe 5 (flexível), isolado com composto termofixo Etileno Propileno (HEPR), tipo alto módulo para 90°C e cobertura de Policloreto de Vinila (PVC), ST 2 antichama (BWF-B).

Normas básicas aplicáveis: NBR 7286 da ABNT, NBR NM-280 da ABNT/ Mercosul e NBR 5410 da ABNT.

APLICAÇÃO

São indicados nos circuitos de alimentação e distribuição de energia, em instalações industriais, subestações de transformação, ao ar livre ou subterrâneas em locais de excessiva umidade ou diretamente enterradas no chão, em eletrodutos, bandejas e canaletas.



| CABO GTEPROM FLEX HEPR 90°C | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------|-------------------------|-------------|--------------|---------------------|------------------------|---|-----------------|------------------|--------|
| 0,6/1 kV | | | | | | | | | | |
| SEÇÃO NOMINAL mm² | CLASSE ENCOR. | DIÂMETRO DO CONDUTOR mm | ESPESSURA | | DIÂMETRO EXTERNO mm | PESO LÍQUIDO kg / 100m | RESISTÊNCIA ELÉTRICA MÁX. a 20°C (Ω/km) | COR DA ISOLAÇÃO | COR DA COBERTURA | ACOND. |
| | | | ISOLAÇÃO mm | COBERTURA mm | | | | | | |
| 10 | C5 | 4,0 | 0,7 | 1,0 | 7,5 | 12,5 | 1,91 | ● | ●●● | ○■ |
| 16 | C5 | 5,1 | 0,7 | 1,0 | 8,6 | 17,8 | 1,21 | ● | ●●● | ○■ |
| 25 | C5 | 6,5 | 0,9 | 1,1 | 10,5 | 28,0 | 0,780 | ● | ●●● | ○■ |
| 35 | C5 | 7,3 | 0,9 | 1,1 | 11,5 | 37,0 | 0,554 | ● | ●●● | ○■ |
| 50 | C5 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 13,8 | 51,8 | 0,386 | ● | ●●● | ○■ |
| 70 | C5 | 10,4 | 1,1 | 1,2 | 15,4 | 70,5 | 0,272 | ● | ●●● | ○■ |
| 95 | C5 | 12,0 | 1,1 | 1,3 | 17,0 | 92,0 | 0,206 | ● | ●●● | ■ |
| 120 | C5 | 14,0 | 1,2 | 1,3 | 19,0 | 116,0 | 0,161 | ● | ●●● | ■ |
| 150 | C5 | 15,5 | 1,4 | 1,4 | 21,2 | 146,8 | 0,129 | ● | ●●● | ■ |
| 185 | C5 | 17,4 | 1,6 | 1,4 | 23,4 | 176,0 | 0,106 | ● | ●●● | ■ |
| 240 | C5 | 20,0 | 1,7 | 1,5 | 26,4 | 231,0 | 0,0801 | ● | ●●● | ■ |
| 300 | C5 | 22,0 | 1,8 | 1,6 | 29,8 | 292,0 | 0,0641 | ● | ●●● | ■ |
| 400 | C5 | 27,0 | 2,0 | 1,7 | 33,5 | 385,0 | 0,0486 | ● | ●●● | ■ |
| 500 | C5 | 30,0 | 2,2 | 1,8 | 38,0 | 476,0 | 0,0384 | ● | ●●● | ■ |

Pesos e dimensões nominais

○ Rolo ■ Bobina



CABO MULTINAX FLEX HEPR 90°C

0,6/1 kV (2, 3 e 4 condutores)



Para tensões nominais até 0,6/1 kV, formado por fios de cobre nu, eletrolítico, têmpera mole, encordoamento classes 4 e 5 (flexíveis), isolado com composto termofixo Etileno Propileno (HEPR), de alto módulo para 90°C, veias torcidas entre si, formando o núcleo, a cobertura extrudada com Policloreto de Vinila (PVC), tipo ST 2, antichama (BWF-B).

Normas básicas aplicáveis: NBR 7286 da ABNT e NBR NM-280 da ABNT/Mercosul.

APLICAÇÃO

São indicados nos circuitos de alimentação e distribuição de energia elétrica para até 0,6/1 kV, nas instalações fixas comerciais, residenciais e industriais que requeiram flexibilidade nas instalações de painéis, caixas de derivação e etc.

EMPRESA HOMOLOGADA
PETROBRAS



www.cobrecom.com.br

Cobrecom
Fios e cabos elétricos

CABO MULTINAX FLEX HEPR 90°C

0,6/1 kV (2, 3 e 4 condutores)

| SEÇÃO NOMINAL mm² | CLASSE ENCORD. | DIÂMETRO DO CONDUTOR mm | ESPESSURA | | DIÂMETRO EXTERNO mm | PESO LÍQUIDO kg / 100m | RESISTÊNCIA ELÉTRICA MÁX. a 20°C (Ω/km) | COR DA ISOLAÇÃO | CORDA COBERTURA | ACOND. |
|-------------------|----------------|-------------------------|-------------|------------|---------------------|------------------------|---|-----------------|-----------------|--------|
| | | | ISOLAÇÃO mm | COBERT. mm | | | | | | |
| 2 x 1,5 | C4 | 1,5 | 0,7 | 1,0 | 7,7 | 8,90 | 13,30 | ●● | ● | ☉☐ |
| 2 x 2,5 | C4 | 1,9 | 0,7 | 1,0 | 8,6 | 11,70 | 7,98 | ●● | ● | ☉☐ |
| 2 x 4 | C4 | 2,5 | 0,7 | 1,1 | 9,8 | 16,50 | 4,95 | ●● | ● | ☉☐ |
| 2 x 6 | C4 | 3,1 | 0,7 | 1,1 | 10,9 | 22,00 | 3,30 | ●● | ● | ☉☐ |
| 2 x 10 | C5 | 4,0 | 0,7 | 1,2 | 13,3 | 33,70 | 1,91 | ●● | ● | ☉☐ |
| 2 x 16 | C5 | 5,1 | 0,7 | 1,2 | 17,0 | 47,90 | 1,21 | ●● | ● | ☉☐ |
| 2 x 25 | C5 | 6,5 | 0,9 | 1,3 | 21,0 | 81,80 | 0,780 | ●● | ● | ☐ |
| 2 x 35 | C5 | 7,3 | 0,9 | 1,4 | 23,6 | 108,00 | 0,554 | ●● | ● | ☐ |
| 2 x 50 | C5 | 9,0 | 1,0 | 1,5 | 27,4 | 147,50 | 0,386 | ●● | ● | ☐ |
| 3 x 1,5 | C4 | 1,5 | 0,7 | 1,0 | 8,3 | 10,40 | 13,30 | ●●○ | ● | ☉☐ |
| 3 x 2,5 | C4 | 1,9 | 0,7 | 1,0 | 9,1 | 14,10 | 7,98 | ●●○ | ● | ☉☐ |
| 3 x 4 | C4 | 2,5 | 0,7 | 1,1 | 10,6 | 20,10 | 4,95 | ●●○ | ● | ☉☐ |
| 3 x 6 | C4 | 3,1 | 0,7 | 1,1 | 11,9 | 27,30 | 3,30 | ●●○ | ● | ☉☐ |
| 3 x 10 | C5 | 4,0 | 0,7 | 1,2 | 14,1 | 42,40 | 1,91 | ●●○ | ● | ☉☐ |
| 3 x 16 | C5 | 5,1 | 0,7 | 1,2 | 18,1 | 65,60 | 1,21 | ●●○ | ● | ☐ |
| 3 x 25 | C5 | 6,5 | 0,9 | 1,4 | 22,6 | 103,40 | 0,780 | ●●○ | ● | ☐ |
| 3 x 35 | C5 | 7,3 | 0,9 | 1,4 | 25,2 | 137,60 | 0,554 | ●●○ | ● | ☐ |
| 3 x 50 | C5 | 9,0 | 1,0 | 1,6 | 29,4 | 189,90 | 0,386 | ●●○ | ● | ☐ |
| 3 x 70 | C5 | 10,4 | 1,1 | 1,7 | 34,1 | 265,80 | 0,272 | ●●○ | ● | ☐ |
| 3 x 95 | C5 | 12,0 | 1,1 | 1,8 | 37,8 | 339,60 | 0,206 | ●●○ | ● | ☐ |
| 3 x 120 | C5 | 14,0 | 1,2 | 1,9 | 42,5 | 433,50 | 0,161 | ●●○ | ● | ☐ |
| 4 x 1,5 | C4 | 1,5 | 0,7 | 1,0 | 9,5 | 13,60 | 13,30 | ●●○● | ● | ☉☐ |
| 4 x 2,5 | C4 | 1,9 | 0,7 | 1,1 | 10,6 | 17,80 | 7,98 | ●●○● | ● | ☉☐ |
| 4 x 4 | C4 | 2,5 | 0,7 | 1,1 | 11,6 | 24,70 | 4,95 | ●●○● | ● | ☉☐ |
| 4 x 6 | C4 | 3,1 | 0,7 | 1,2 | 13,2 | 34,80 | 3,30 | ●●○● | ● | ☉☐ |
| 4 x 10 | C5 | 4,1 | 0,7 | 1,2 | 15,7 | 53,30 | 1,91 | ●●○● | ● | ☉☐ |
| 4 x 16 | C5 | 5,1 | 0,7 | 1,3 | 19,9 | 83,20 | 1,21 | ●●○● | ● | ☉☐ |
| 4 x 25 | C5 | 6,5 | 0,9 | 1,4 | 24,7 | 129,60 | 0,780 | ●●○● | ● | ☐ |
| 4 x 35 | C5 | 7,3 | 0,9 | 1,5 | 27,8 | 173,60 | 0,554 | ●●○● | ● | ☐ |
| 4 x 50 | C5 | 9,0 | 1,0 | 1,6 | 32,3 | 239,50 | 0,386 | ●●○● | ● | ☐ |
| 4 x 70 | C5 | 10,4 | 1,1 | 1,8 | 37,5 | 336,30 | 0,272 | ●●○● | ● | ☐ |
| 4 x 95 | C5 | 12,0 | 1,1 | 1,9 | 41,8 | 433,10 | 0,206 | ●●○● | ● | ☐ |
| 4 x 120 | C5 | 14,0 | 1,2 | 2,0 | 46,9 | 552,00 | 0,161 | ●●○● | ● | ☐ |

(C= Classe / Pesos e dimensões nominais)

☉ Rolo ☐ Bobina

CABO SUPERATOX FLEX HEPR 90°C 0,6/1 kV



Para tensões nominais até 0,6/1 kV, formado por fios de cobre nu, eletrolítico, têmpera mole, encordoamento classes 4 e 5 (flexíveis), isolado com composto termofixo Etileno Propileno (HEPR), de alto módulo para 90°C e cobertura com polimérico, tipo poliolefinico não halogenado para 90°C, com características de não propagação e autoextinção do fogo e baixo índice de emissão de fumaça.

Normas básicas aplicáveis: Requisitos do produto - NBR 13248 da ABNT - Cabos de potência e controle e condutores isolados sem cobertura, com isolamento extrudada e com baixa emissão de fumaça para tensões até 1 kV. Requisitos de desempenho - Formação do condutor e Resistência elétrica - NBR NM-280 da ABNT/Mercosul.

APLICAÇÃO

São indicados para utilização em locais com alta densidade de ocupação e/ou em condições difíceis de fuga, tais como, estádios de futebol, shopping centers, hospitais, escolas, cinemas, teatros, hotéis, torres comerciais e residenciais, centros de convenções e metrô, conforme recomendado pelas normas NBR 5410 e 13570 da ABNT. Os cabos Superatox da Cobrecom oferecem maior segurança por apresentarem características especiais de não propagação e autoextinção de fogo e baixo índice de emissão de fumaça, sendo isentos de halogênio, resultando um pequeno desprendimento de gases não tóxicos e isentos de ácidos, minimizando os danos às pessoas, equipamentos e ao meio ambiente.



CABO SUPERATOX FLEX HEPR 90°C

0,6/1 kV

| SEÇÃO NOMINAL mm² | CLASSE ENCORD. | DIÂMETRO DO CONDUTOR mm | ESPESSURA | | DIÂMETRO EXTERNO mm | PESO LÍQUIDO kg/100m | RESISTÊNCIA ELÉTRICA MÁX. a 20°C (Ω/km) | COR DA ISOLAÇÃO | COR DA COBERTURA | ACOND. |
|-------------------|----------------|-------------------------|-------------|--------------|---------------------|----------------------|---|-----------------|------------------|--------|
| | | | ISOLAÇÃO mm | COBERTURA mm | | | | | | |
| 6 | C4 | 3 | 0,7 | 0,9 | 6,2 | 7,75 | 3,3 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 10 | C5 | 4,1 | 0,7 | 1 | 7,7 | 12,3 | 1,91 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 16 | C5 | 5,1 | 0,7 | 1 | 8,6 | 17,8 | 1,21 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 25 | C5 | 6,5 | 0,9 | 1,1 | 10,4 | 27,4 | 0,78 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 35 | C5 | 7,3 | 0,9 | 1,1 | 11,3 | 36,1 | 0,554 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 50 | C5 | 9,1 | 1 | 1,2 | 14 | 50,9 | 0,386 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 70 | C5 | 10,8 | 1,1 | 1,2 | 15,4 | 68,5 | 0,272 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 95 | C5 | 12,2 | 1,1 | 1,3 | 17 | 89,9 | 0,206 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 120 | C5 | 14 | 1,2 | 1,3 | 19 | 113 | 0,161 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 150 | C5 | 15,5 | 1,4 | 1,4 | 21,2 | 154,6 | 0,129 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 185 | C5 | 17,4 | 1,6 | 1,4 | 23,4 | 171,2 | 0,106 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 240 | C5 | 20 | 1,7 | 1,5 | 27,3 | 227,7 | 0,0801 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 300 | C5 | 23 | 1,8 | 1,6 | 29,8 | 286,7 | 0,0641 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 400 | C5 | 27 | 2 | 1,7 | 33,9 | 384,2 | 0,0486 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |
| 500 | C5 | 30,0 | 2,2 | 1,8 | 38,0 | 473,8 | 0,0384 | ● | ●●● | ⊙ ⊞ |

C = Classe / Pesos e dimensões nominais

⊙ Rolo ⊞ Bobina

www.cobrecom.com.br

Cobrecom
 Fios e cabos elétricos

CABO SUPERATOX FLEX HEPR 90°C

0,6/1 kV (2, 3 e 4 condutores)



Para tensões nominais até 0,6/1 kV, formado por fios de cobre nu, eletrolítico, têmpera mole, encordoamento classe 4 e 5 (flexível), isolado com composto termofixo Etileno Propileno (HEPR NÃO HALOGENADO), de alto módulo para 90°C, veias torcidas entre si, formando o núcleo. Cobertura com polimérico, tipo poliolefinico não halogenado para 90°C, com características de não propagação e autoextinção do fogo e com baixa emissão de fumaça.

Normas básicas aplicáveis: Requisitos do produto - NBR 13248 da ABNT. Cabos de potência e controle e condutores isolados sem cobertura, com isolamento extrudada e com baixa emissão de fumaça para tensões até 1 kV - Requisitos de desempenho. Formação do condutor e Resistência elétrica - NBR NM-280 da ABNT/Mercosul.Mercosul.

APLICAÇÃO

São indicados nos circuitos de alimentação e distribuição de energia elétrica para até 0,6/1 kV, nas instalações fixas comerciais, residenciais e industriais que requeiram flexibilidade nas instalações de painéis, caixas de derivação e etc. Para utilização em locais com alta densidade de ocupação e/ou em condições difíceis de fuga (estádios de futebol, shopping center, hospitais, escolas, cinemas, teatros, hotéis, torres comerciais e residenciais, centro de convenções e metrô), conforme recomendado pelas normas NBR 5410 e 13570 da ABNT. Os cabos SUPERATOX FLEX HEPR 90°C 0,6/1kV da Cobrecom oferecem maior segurança por apresentarem características especiais de não propagação e autoextinção de fogo e baixa emissão de fumaça, sendo isentos de halogênio, resultando um pequeno desprendimento de gases não tóxicos e isentos de ácidos, minimizando os danos às pessoas, equipamentos e ao meio ambiente.

EMPRESA HOMOLOGADA
PETROBRAS



CABO SUPERATOX FLEX HEPR 90°C

0,6/1 kV (2, 3 e 4 condutores)

| SEÇÃO NOMINAL mm² | CLASSE ENCORD. | DIÂMETRO DO CONDUTOR mm | ESPESSURA | | DIÂMETRO EXTERNO mm | PESO LÍQUIDO kg / 100m | RESISTÊNCIA ELÉTRICA MAX. a 20°C (Ω/km) | CORDA ISOLAÇÃO | CORDA COBERTURA | ACOND. |
|-------------------|----------------|-------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------|---|----------------|-----------------|--------|
| | | | ISOLAÇÃO mm HEPR mm | COBERT. mm ATOX mm | | | | | | |
| 2 x 1,5 | C4 | 1,5 | 0,7 | 1,0 | 7,8 | 7,99 | 13,30 | ●● | ● | ○ |
| 2 x 2,5 | C4 | 1,9 | 0,7 | 1,0 | 8,6 | 10,62 | 7,98 | ●● | ● | ○ |
| 2 x 4 | C4 | 2,5 | 0,7 | 1,1 | 9,8 | 14,48 | 4,95 | ●● | ● | ○ |
| 2 x 6 | C4 | 3,1 | 0,7 | 1,1 | 11,2 | 20,59 | 3,30 | ●● | ● | ○ |
| 2 x 10 | C5 | 4,0 | 0,7 | 1,2 | 13,4 | 29,99 | 1,91 | ●● | ● | ○ |
| 2 x 16 | C5 | 5,1 | 0,7 | 1,2 | 17,0 | 45,03 | 1,21 | ●● | ● | ○ |
| 2 x 25 | C5 | 6,5 | 0,9 | 1,3 | 21,0 | 77,46 | 0,780 | ●● | ● | ○ |
| 2 x 35 | C5 | 7,3 | 0,9 | 1,4 | 23,6 | 102,65 | 0,554 | ●● | ● | ○ |
| 2 x 50 | C5 | 9,0 | 1,0 | 1,5 | 27,4 | 138,27 | 0,386 | ●● | ● | ○ |
| 3 x 1,5 | C4 | 1,5 | 0,7 | 1,0 | 8,3 | 9,68 | 13,30 | ●●○ | ● | ○ |
| 3 x 2,5 | C4 | 1,9 | 0,7 | 1,0 | 9,4 | 13,16 | 7,98 | ●●○ | ● | ○ |
| 3 x 4 | C4 | 2,5 | 0,7 | 1,1 | 10,6 | 18,42 | 4,95 | ●●○ | ● | ○ |
| 3 x 6 | C4 | 3,1 | 0,7 | 1,1 | 11,7 | 24,16 | 3,30 | ●●○ | ● | ○ |
| 3 x 10 | C5 | 4,0 | 0,7 | 1,2 | 14,3 | 37,98 | 1,91 | ●●○ | ● | ○ |
| 3 x 16 | C5 | 5,1 | 0,7 | 1,2 | 18,1 | 60,44 | 1,21 | ●●○ | ● | ○ |
| 3 x 25 | C5 | 6,5 | 0,9 | 1,4 | 22,6 | 99,36 | 0,780 | ●●○ | ● | ○ |
| 3 x 35 | C5 | 7,3 | 0,9 | 1,4 | 25,2 | 130,94 | 0,554 | ●●○ | ● | ○ |
| 3 x 50 | C5 | 9,0 | 1,0 | 1,6 | 29,4 | 178,13 | 0,386 | ●●○ | ● | ○ |
| 3 x 70 | C5 | 10,4 | 1,1 | 1,7 | 34,1 | 250,70 | 0,272 | ●●○ | ● | ○ |
| 3 x 95 | C5 | 12,0 | 1,1 | 1,8 | 37,8 | 321,20 | 0,206 | ●●○ | ● | ○ |
| 3 x 120 | C5 | 14,0 | 1,2 | 1,9 | 42,5 | 409,37 | 0,161 | ●●○ | ● | ○ |
| 4 x 1,5 | C4 | 1,5 | 0,7 | 1,0 | 9,5 | 12,78 | 13,30 | ●●○● | ● | ○ |
| 4 x 2,5 | C4 | 1,9 | 0,7 | 1,1 | 10,6 | 17,20 | 7,98 | ●●○● | ● | ○ |
| 4 x 4 | C4 | 2,5 | 0,7 | 1,1 | 11,6 | 22,56 | 4,95 | ●●○● | ● | ○ |
| 4 x 6 | C4 | 3,1 | 0,7 | 1,2 | 13,3 | 32,34 | 3,30 | ●●○● | ● | ○ |
| 4 x 10 | C5 | 4,1 | 0,7 | 1,2 | 15,9 | 50,10 | 1,91 | ●●○● | ● | ○ |
| 4 x 16 | C5 | 5,1 | 0,7 | 1,3 | 19,9 | 79,62 | 1,21 | ●●○● | ● | ○ |
| 4 x 25 | C5 | 6,5 | 0,9 | 1,4 | 24,7 | 124,27 | 0,780 | ●●○● | ● | ○ |
| 4 x 35 | C5 | 7,3 | 0,9 | 1,5 | 27,8 | 165,06 | 0,554 | ●●○● | ● | ○ |
| 4 x 50 | C5 | 9,0 | 1,0 | 1,6 | 32,3 | 225,13 | 0,386 | ●●○● | ● | ○ |
| 4 x 70 | C5 | 10,4 | 1,1 | 1,8 | 37,5 | 317,81 | 0,272 | ●●○● | ● | ○ |
| 4 x 95 | C5 | 12,0 | 1,1 | 1,9 | 41,8 | 410,22 | 0,206 | ●●○● | ● | ○ |
| 4 x 120 | C5 | 14,0 | 1,2 | 2,0 | 46,9 | 521,04 | 0,161 | ●●○● | ● | ○ |

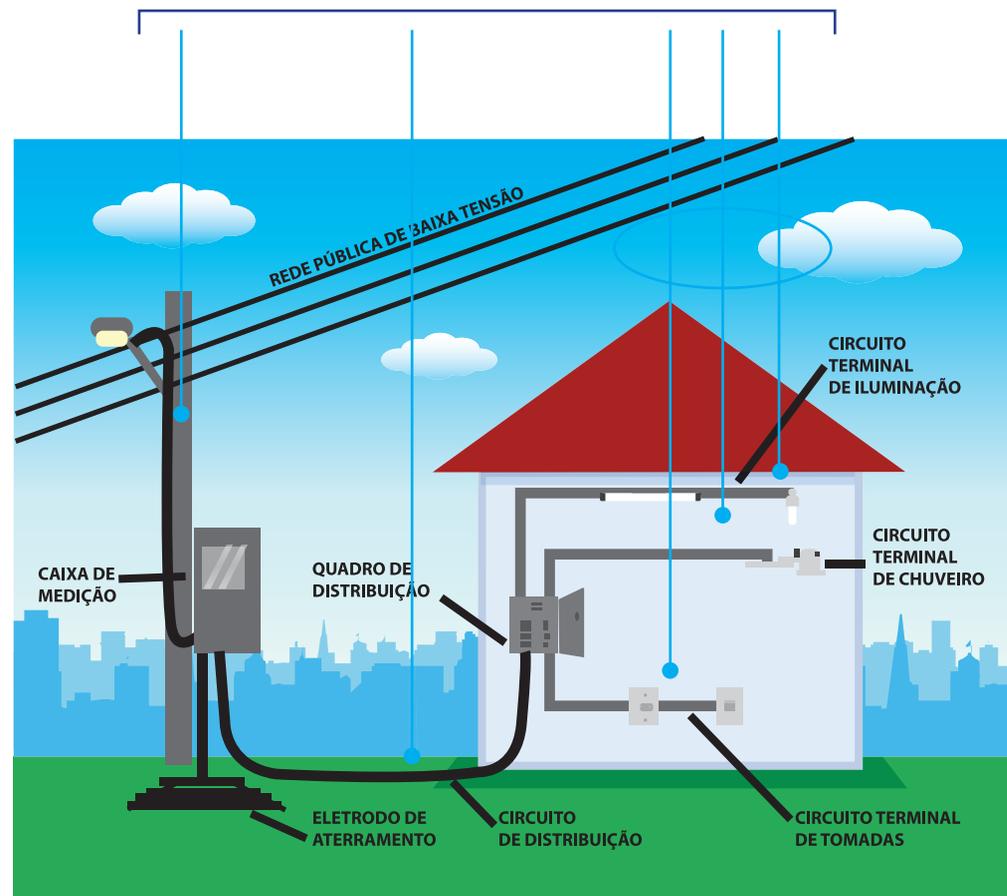
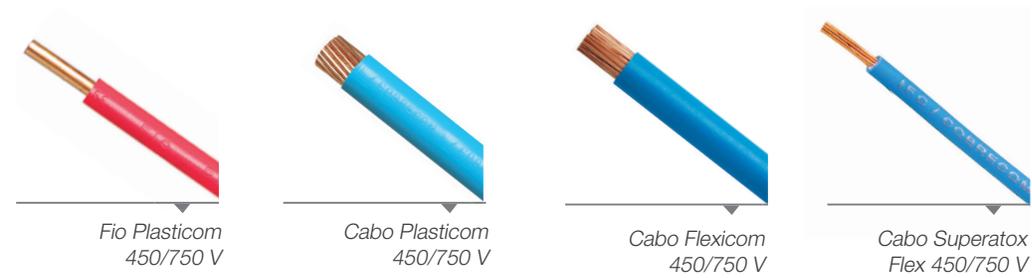
(C = Classe / Pesos e dimensões nominais)

○ Rolo ■ Bobina

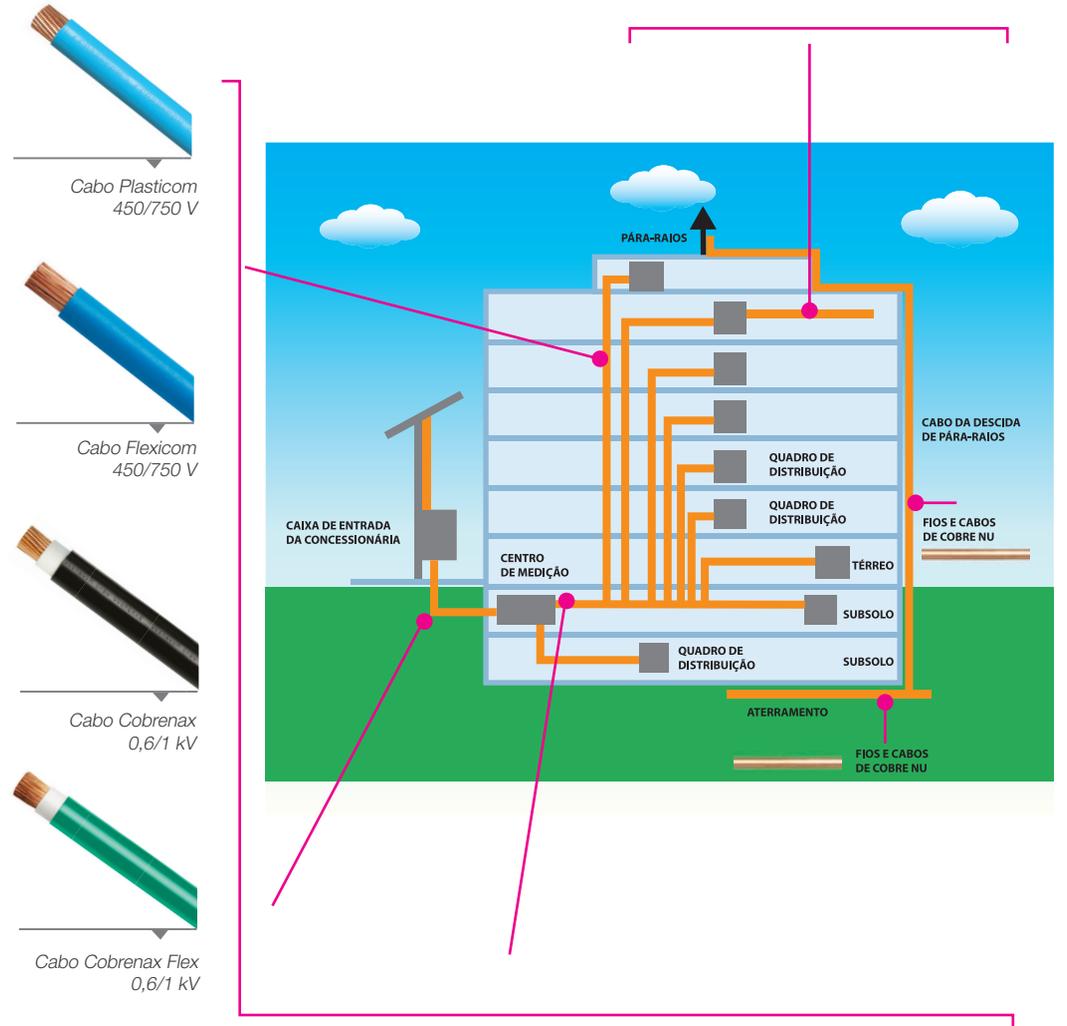
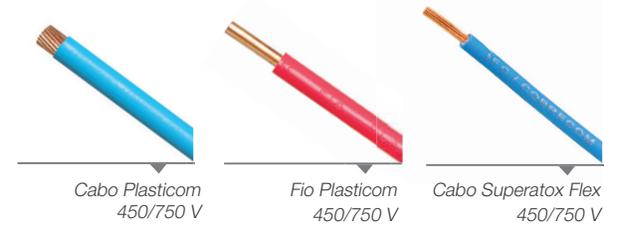
D

APLICAÇÕES
TÍPICAS DE
CABOS
COBRECOP

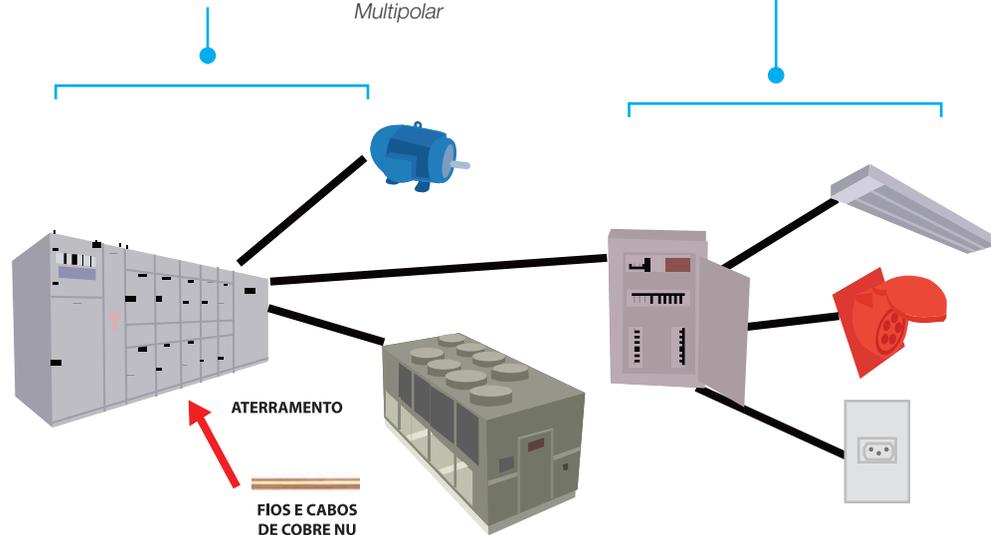
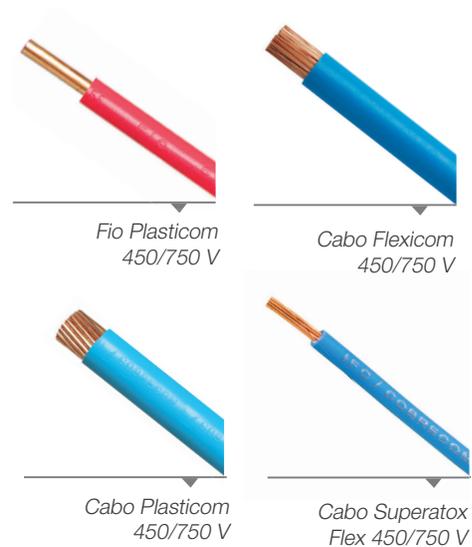
Aplicações em instalações residenciais



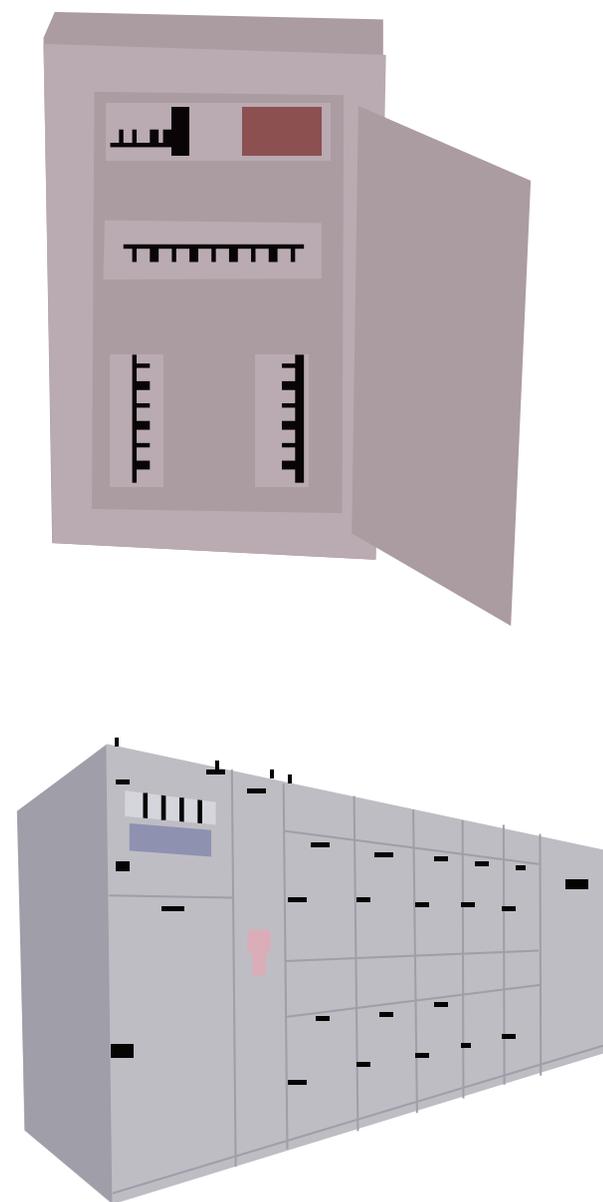
Aplicações em instalações prediais



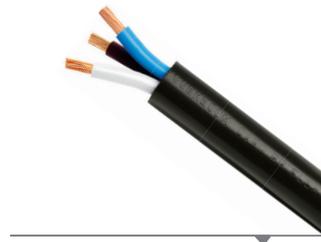
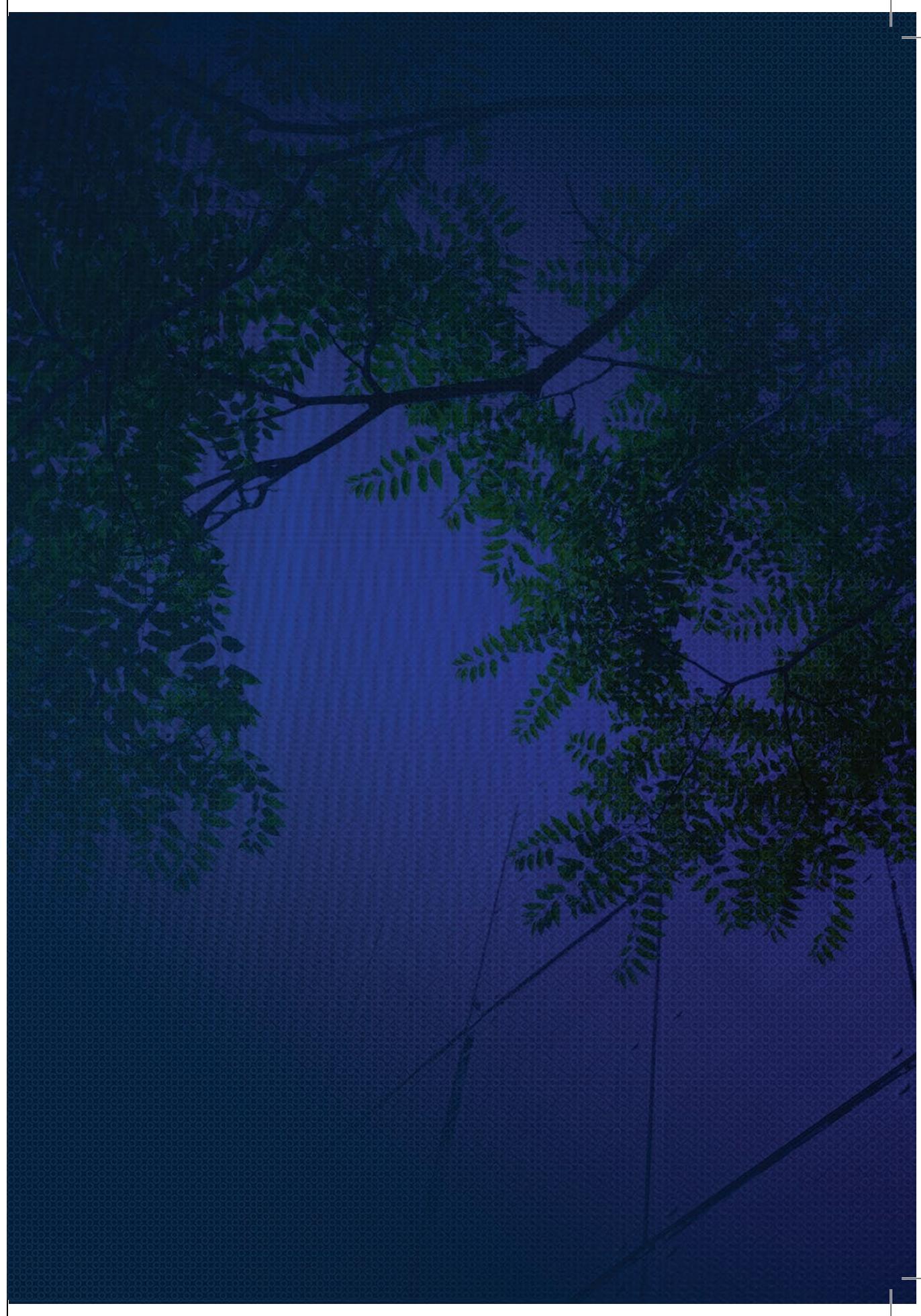
Aplicações em instalações comerciais de grande porte e industriais



Aplicações em fiações internas de quadros e painéis



Aplicações para ligações de equipamentos

*Cabo PP Flexicom 500 V**Cordão Flexicom Paralelo 300 V**Cordão Flexicom Torcido 300 V*

cobrecom

Fios e cabos elétricos

I.F.C. Ind. e Com. de Condutores Elétricos Ltda.

Telefax (11) 2118-3200

Fale Conosco: cobrecom@cobrecom.com.br

 facebook.com/cobrecom

Unidade Itu - SP

Av. Primo Schincariol, 670 - Jardim Oliveira

Itu - SP - CEP 13312-250

Unidade Três Lagoas - MS

Av. Dois Esquina com Av.Cinco s/n - Distrito Industrial

Três Lagoas - MS - CEP 79601-970



www.cobrecom.com.br

**EMPRESA HOMOLOGADA
PETROBRAS**



Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-69248-00-2



9 788569 248002