



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

Área de Conhecimento: Eletricidade

Prof. Pedro Armando da Silva Júnior

DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES

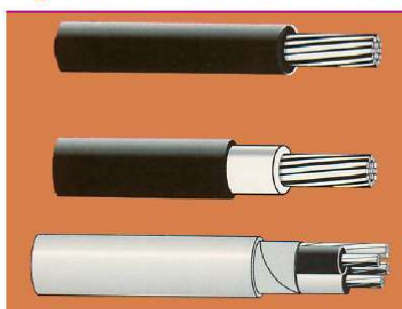
O termo **condutor elétrico** é usado para designar um produto destinado a transportar corrente elétrica, sendo que os fios e os cabos elétricos são os tipos mais comuns de condutores. O cobre é o metal mais utilizado na fabricação de condutores elétricos para instalações residenciais, comerciais e industriais.

A **isolação** é a camada de material isolante aplicada sobre o condutor para isolá-lo eletricamente de outros condutores. Quando com finalidade primordialmente mecânica não são considerados como **isolação**.

A Norma NBR 5471 – Condutores Elétricos apresenta algumas definições importantes, das quais se destacam [1]:

- **Condutor:** produto metálico, de seção transversal invariável e de comprimento muito maior do que a maior dimensão transversal, utilizado para transportar energia elétrica ou transmitir sinais elétricos.
- **Fio:** Produto metálico maciço e flexível, de seção transversal invariável e de comprimento muito maior do que a maior dimensão transversal.
- **Cabo:** Conjunto de fios encordoados, isolados ou não entre si, podendo o conjunto ser isolado ou não.

O condutor isolado é aquele que possui condutor e **isolação**. O cabo unipolar possui um único condutor, **isolação** e uma segunda camada de revestimento chamada **cobertura**, para proteção mecânica [2]. A Figura 1 mostra as partes constituintes dos condutores e cabos e a Tabela 1 as características dos materiais utilizados nas coberturas isolantes (PVC, XLPE e EPR).



Condutor Isolado:

Possui somente o condutor e a **isolação**

Cabo Unipolar:

Condutor, **isolação** e uma camada de revestimento, chamada *cobertura*, para proteção mecânica

Cabo Multipolar:

Possui sob a mesma **cobertura**, dois ou mais condutores isolados, denominados *veias*.

Figura 1 – Partes constituintes dos condutores e cabos. [2]

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS
PVC (cloreto de polivinila)	Temperatura de operação até 70 °C
EPR (borracha etileno propileno)	Temperatura de operação até 90 °C, resistente à água e a agentes químicos, flexibilidade e alta rigidez dielétrica
XLPE (polietileno reticulado)	Temperatura de operação até 90 °C, resistente à água e a impactos e alta rigidez dielétrica

Tabela 1 – Características dos materiais utilizados nas coberturas dos condutores.

A Norma ABNT NBR 5410 [2] estabelece seis critérios para dimensionar os condutores (definir a seção mínima) de um circuito elétrico:

1. Capacidade de condução de corrente;
2. Seção mínima;
3. Proteção contra sobrecarga;
4. Queda de tensão;
5. Proteção contra curto-circuito;
6. Proteção contra contatos indiretos.

Cada um dos critérios especifica uma seção do condutor. A seção final a ser utilizada no circuito é a **maior** entre elas.

1. Capacidade de Condução de Corrente

No critério da capacidade de condução de corrente é determinada a menor seção nominal de forma que a corrente que deve circular pelo circuito, a chamada corrente de projeto, não provoque um aquecimento excessivo nos condutores. Isto é, não leve os condutores a uma temperatura acima de 70°C para os fios e cabos com isolamento de PVC e de 90°C para os isolados com EPR e XLPE.

É importante observar que as temperaturas citadas são consideradas na superfície do condutor, que fica em contato direto com a isolamento.

Deve-se seguir os seguintes passos para a determinação da seção do condutor usando este critério:

- 1º Calcular a corrente de projeto do circuito;
- 2º Determinar o método de instalação;
- 3º Aplicar os fatores de correção apropriados e calcular a corrente de projeto corrigida;
- 4º Identificar na tabela a seção do condutor adequada

1.1 Corrente de projeto

A corrente de projeto é obtida de expressão já conhecida:

Onde: I_B – Corrente calculada do circuito ou corrente de projeto [A]

$$I_B = \frac{S}{V}$$

S – Potência aparente do circuito [VA]

V – Tensão eficaz do circuito [V]

Em circuitos com várias tomadas ou pontos de iluminação pode-se adotar critérios de demanda para se prever a potência efetiva do circuito, uma vez que, dependendo da aplicação, nem todos os pontos de consumo serão utilizados simultaneamente.

1.2 Método de instalação

A NBR5410 estabelece um total de 75 métodos diferentes de instalação de condutores. Dependendo do método de instalação, maior ou menor será a capacidade de dissipação de calor

gerado pela passagem da corrente elétrica e, por consequência, maior ou menor será a capacidade de condução dos condutores.

A tabela a seguir apresenta alguns métodos de instalação e classificações pela norma. O método de instalação Número 7, Referência B1 (condutores em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria), é a forma mais usual empregada em residências.

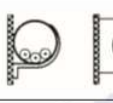
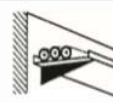
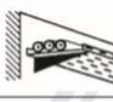
Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçoado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçoado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	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 2 – Classificação por método de instalação. [2]

Através da Tabela 3 pode ser determinada a seção do condutor para o caso da isolação em PVC e a Tabela 4 para EPR ou XLPE. Nestas tabelas o número de condutores carregados é 2 para circuito monofásico e 3 para trifásico, como nesta disciplina serão dimensionados apenas circuitos monofásicos e, geralmente, utilizando o método de referência B1, a coluna mais usual está destacada em vermelho.

Condutores: cobre e alumínio

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	
	Número de condutores carregados									
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Cobre										
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184

Tabela 3 – Capacidade de condução de corrente em ampères por seção do condutor com isolação em PVC. [2]

Condutores: cobre e alumínio

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	
	Número de condutores carregados									
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Cobre										
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229

Tabela 4 – Capacidade de condução de corrente em ampères por seção do condutor com isolação em EPR ou XLPE. [2]

1.3 Fatores de correção de temperatura – k_1

A temperatura ambiente interfere na capacidade de condução de corrente dos condutores, haja vista que quando menor for esta temperatura maior será o fluxo de calor do condutor (aquecido pela passagem da corrente elétrica) para o ambiente em seu entorno. O que limita a capacidade de condução do condutor é a temperatura na qual o material da isolação não é danificado.

As tabelas 3 e 4 apresentadas anteriormente mostram a capacidade de condução para temperaturas ambientes de 30 °C para linhas não subterrâneas e de 20 °C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas, além destes limites os fatores de correção (k_1) apresentados na tabela a seguir devem ser empregados.

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

Tabela 5 – Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30° C para linhas não-subterrâneas. [2]

1.4 Fatores de correção para resistividade térmica do solo – k_2

Não serão dimensionados condutores subterrâneos nesta disciplina, mas caso seja necessário no futuro, a NBR5410 deve ser consultada.

1.5 Fatores de correção para agrupamento de circuitos – k_3

Para linhas elétricas contendo um total de condutores superior às quantidades indicadas nas tabelas de capacidade de condução de corrente (Tabelas 3 e 4), fatores de correção devem ser aplicados, uma vez que o calor emanado por um circuito aumentará a temperatura do circuito adjacente. A Tabela 6 apresenta os 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 e 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				38 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				

Tabela 6 – Fator de correção de agrupamento de circuitos. [1]

Da tabela anterior se destaca alguns pontos:

- 1º Os fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados;
- 2º Os fatores de agrupamento foram calculados admitindo-se todos os condutores vivos permanentemente carregados com 100 % de sua carga. Caso o carregamento seja inferior, os fatores de correção podem ser aumentados;
- 3º 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.

1.6 Corrente de projeto corrigida – I'_B

Uma vez calculada a corrente de projeto e identificados os fatores de correção, a corrente de projeto é corrigida e seu valor utilizado para a determinação da seção do condutor empregando as tabelas 3 e 4, a fórmula de cálculo é apresentada a seguir.

Onde: I'_B – Corrente de projeto corrigida

$$I'_B = \frac{I_B}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}$$

I_B – Corrente de projeto

k_1 – Fator de correção de temperatura (da Tabela 5)

k_2 – igual a 1, considerando rede não subterrânea

k_3 – Fator de correção de agrupamento (da Tabela 6)

2. Seção mínima

2.1 Condutores fase

As seções mínimas dos condutores de fase são estabelecidas por razões de esforço mecânico. Para as instalações elétricas fixas as seções mínimas são as seguintes:

Utilização	Seção mínima condutor de cobre (mm ²)
Circuitos de iluminação	1,5
Circuitos de força	2,5
Circuitos de sinalização e controle	0,5

Tabela 7 – Seção mínima de condutores e cabos isolados por tipo de utilização para instalações fixas.

2.2 Condutor neutro

Apenas o condutor neutro dos circuitos trifásicos pode ter sua seção reduzida, atendendo algumas condições. Como nesta disciplina serão dimensionados apenas circuitos monofásicos, a seção calculada para o condutor fase será a mesma para o neutro. Para circuitos trifásicos consultar a NBR5410.

2.3 Condutor de proteção

A seção do condutor de proteção pode ser determinada pela tabela a seguir. Observe que até 16 mm² a seção do condutor de proteção deverá ser a mesma que a do condutor fase. Quando a aplicação da tabela conduzir a seções não padronizadas, devem ser escolhidos condutores com a seção padronizada mais próxima. [2]

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

Tabela 8 – Seção mínima do condutor de proteção. [2]

3. Proteção contra sobrecarga

Os condutores elétricos devem ser protegidos por dispositivos que seccionem o circuito quando a corrente circulante, por algum defeito ou sobrecarga, ultrapassar a capacidade nominal do condutor. A interrupção da corrente danosa deve ocorrer antes que o condutor ou seu isolamento atinja a sua temperatura de deterioração.

Os dispositivos de proteção contra sobrecarga (ou sobre corrente) mais empregados são os fusíveis e os disjuntores. Neste material será apresentado somente as metodologias para escolha de disjuntores.

Os disjuntores para uso geral são fabricados com disparador térmico, que atuam em situações de sobrecorrentes moderadas, e com disparador magnético, que atuam em sobrecorrentes elevadas, como nos casos de curto-circuito.

O disparador térmico é constituído por uma lâmina bimetálica, que se deforma com o calor devido aos diferentes coeficientes de dilatação dos metais que a compõe. O disparador magnético é formado por uma bobina que atrai uma peça articulada quando uma determinada corrente circula pela bobina, provocando a abertura dos contatos do disjuntor.

A Figura 2 mostra as partes internas de um disjuntor termomagnético e alguns modelos comerciais monofásico, bifásico e trifásico padrão DIN/IEC (europeu).

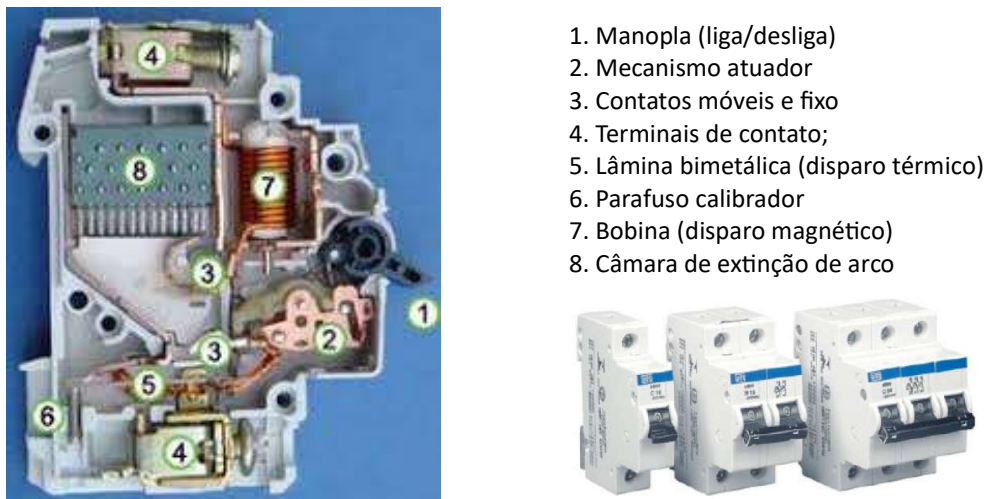


Figura 2 – Disjuntor termomagnético. [3]

A Figura 3 apresenta curvas características tempo-corrente típicas de um disjuntor termomagnético.

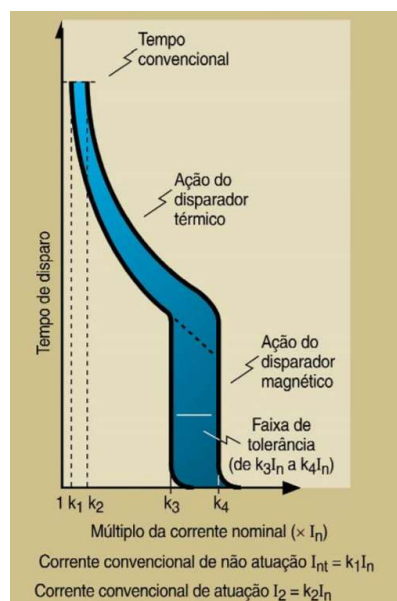


Figura 3 – Característica tempo-corrente típica de disjuntor termomagnético [3].

A tabela a seguir contém as correntes nominais típicas de disjuntores para aplicação em circuitos terminais. O valor nominal é o valor eficaz da corrente de regime contínuo que o dispositivo é capaz de conduzir indefinidamente, sem que a proteção atue.

Corrente nominal [A]	10	16	20	25	32	40	50	63
----------------------	----	----	----	----	----	----	----	----

Tabela 9 – Tabela de correntes nominais de disjuntores tipo DIN.

Os disjuntores são diferenciados por faixa de atuação (B, C ou D) em função da curva que caracteriza o seu desarme. A diferença básica está no tempo de atuação do disparador magnético devido a curto-circuito [4], que é a zona de atuação instantânea do equipamento. A Figura 3 apresenta as curvas de disparo do disjuntor.

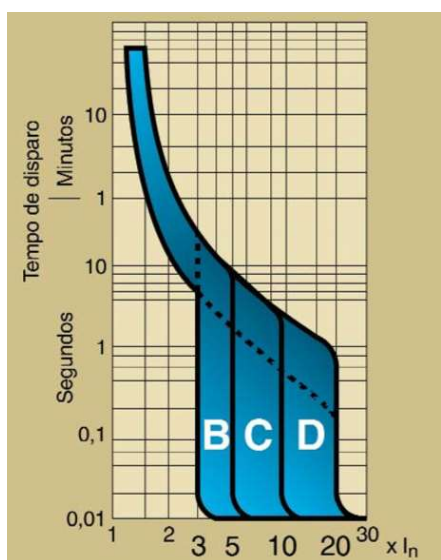


Figura 3 – Características tempo-corrente de minidisjuntores normalizadas pela IEC 60898 [3]

- B – o disparador magnético atua entre 3 e 5 vezes da corrente nominal (I_n). É destinado à proteção dos condutores que alimentam cargas de natureza resistiva como chuveiros, aquecedores e lâmpadas incandescentes (residencial).
- C – o disparador magnético atua entre 5 e 10 I_n . É destinado à proteção de condutores que alimentam cargas de natureza indutiva como lâmpadas fluorescentes, motores, eletrobombas e compressores (residencial e outros).
- D – o disparador magnético atua entre 10 e 20 I_n . É destinado à proteção de condutores que alimentam cargas de natureza fortemente indutivas como transformadores e demais cargas com elevada corrente de partida (acima de 10 I_n) (industrial).

O disjuntor tem a função principal de proteger o condutor do circuito antes de sua deterioração. Para o seu dimensionamento deve-se seguir os seguintes passos:

1º Calcular a corrente do circuito a ser protegido.

I_B – Corrente calculada do circuito

2º Obter o valor de capacidade de condução de corrente dos condutores dado na tabela da NBR5010 (ou as tabelas 3 e 4 resumidas nesta apostila);

I'_Z – Capacidade de condução de corrente do condutor

3º Calcular a capacidade de condução de corrente dos condutores utilizando os fatores de correção apresentados na Seção 1.

Onde:

$$I_Z = I'_Z \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

I_Z – Capacidade de condução do condutor baseada nas condições da instalação
 I'_Z – Capacidade de condução do condutor (tabelas 3 ou 4)
 k_1 – Fator de correção de temperatura
 k_2 – igual a 1, considerando rede não subterrânea
 k_3 – Fator de correção de agrupamento

4º Determinar a corrente nominal do disjuntor.

Para a proteção dos condutores contra sobrecargas ficar assegurada, as características de atuação do dispositivo a provê-la devem ser tais que:

Onde:

$$I_B \leq I_n < I_Z$$

I_B – Corrente calculada do circuito
 I_n – Corrente nominal do dispositivo de proteção
 I_Z – Capacidade de condução do condutor baseada nas condições da instalação

4. Queda de tensão

A queda de tensão é provocada pela impedância dos condutores na passagem da corrente elétrica (Lei de Ohm). Mesmo sendo muito pequena, esta grandeza se torna relevante para grandes distâncias. Sendo assim, são estabelecidos critérios para limitar a queda tensão até os circuitos terminais.

Os limites de queda de tensão são calculados do ponto de entrega de energia pela concessionária até a carga. Para o trecho entre o quadro de distribuição e as cargas o limite de queda de tensão é de 4 %, como mostra a figura a seguir.

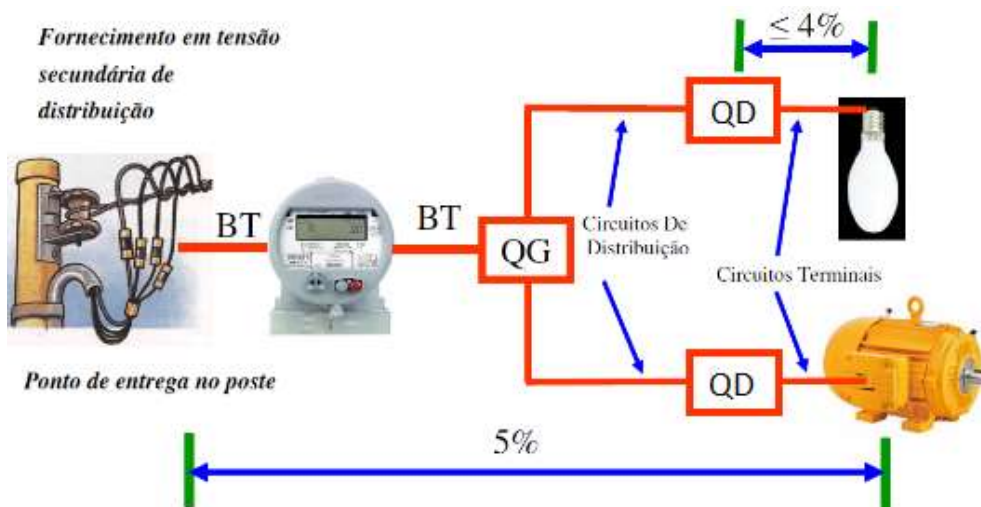


Figura 4 – Queda de tensão na instalação.

Para determinar a seção do condutor que provocará a máxima queda de tensão pode-se utilizar a seguinte equação:

$$\Delta U = \frac{10 \times V \times \Delta V \%}{l \times I_B}$$

Onde:

ΔU - Queda de tensão em V / A.km

ΔV - Queda de tensão máxima em %

V - Tensão eficaz do circuito em V

l - Comprimento do circuito em m

I_B - Corrente de projeto em A

A queda de tensão calculada pela fórmula deverá ser maior que a especificada nos catálogos de fabricantes de condutores, como, por exemplo, a apresentada na Tabela 10.

Seção nominal (mm ²)	Queda de tensão V/Akm (cos ϕ = 0,8)	
	cos ϕ = 0,8	cos ϕ = 0,95
1,5	23,00	27,40
2,5	14,00	16,80
4	9,00	10,50
6	5,87	7,00
10	3,54	4,20
16	2,27	2,70
25	1,50	1,72
35	1,12	1,25
50	0,86	0,95
70	0,64	0,67

Tabela 10 – Queda de tensão para 2 condutores carregados (circuitos monofásicos).

5. Proteção contra curto-circuito

Em circuitos residenciais, os disjuntores são escolhidos apenas por sua corrente nominal. Cabe destacar que outra característica do disjuntor é a sua capacidade de interrupção em caso de curto-circuito, os modelos residenciais são encontrados entre a faixa de 3 a 6 kA, suficiente para atender as necessidades.

Em circuitos industriais, principalmente em locais onde há transformadores na entrada da alimentação ou em outros setores do parque fabril que contenham subestação de energia, o nível da corrente de curto-circuito pode atingir valores elevadíssimos, dependendo da potência do transformador e da distância dos alimentadores. Nestes casos, as correntes de curto-circuito devem ser calculadas para que o disjuntor seja especificado de maneira adequada, para que seja capaz de interromper esta corrente em caso de defeito.

6. Proteção contra contatos indiretos.

O contato indireto ocorre quando uma pessoa toca algo que normalmente não conduz eletricidade, mas que se transformou em um condutor acidentalmente, por exemplo, devido a uma falha na isolamento, ou a um aterramento executado de forma indevida [5].

Tipos de Proteção Contra Contatos Indiretos:

1. **Aterramento:** Ligação intencional de baixa impedância à terra, através da qual correntes elétricas podem fluir.

O aterramento pode ser:

- 1.1. Funcional: ligação à terra de um condutor do sistema (o condutor neutro), objetivando o correto funcionamento da instalação.
 - 1.2. Proteção: aterramento das massas e dos elementos estranhos, objetivando a proteção contra choques (contatos indiretos).
 - 1.3. Temporário: ligação elétrica efetiva com baixa impedância intencional à terra, destinada a garantir a equipotencialidade e mantida continuamente durante a intervenção na instalação elétrica.
- 2. Proteção por Ligações Equipotenciais:** Ligação destinada a igualar os potenciais de massas ou de partes metálicas da instalação que não sejam destinadas à condução de energia elétrica. Exemplo: tubulações de metais para condução de líquido e gases, estruturas metálicas, circuitos de telecomunicações etc.
- 3. Seccionamento Automático da Alimentação:** Consiste de um dispositivo de proteção que deverá seccionar automaticamente a alimentação do circuito ou equipamento por ele protegido, sempre que uma falta der origem a uma corrente superior a um valor determinado e ajustado.
- 4. Proteção por Isolação Dupla ou Reforçada:** Este tipo de proteção é normalmente aplicado a equipamentos portáteis, tais como furadeiras elétricas manuais, os quais por serem empregados nos mais variados locais e condições de trabalho, e mesmo por suas próprias características, requerem outro sistema de proteção, que permita uma confiabilidade maior do que aquela oferecida exclusivamente pelo aterramento elétrico.
- 5. Proteção por dispositivo a corrente diferencial residual DR:** Dispositivo que interrompe o fornecimento de energia elétrica quando a corrente diferencial residual (I_d) atinge um determinado valor. Protege pessoas contra os efeitos nocivos causados por choques elétricos, através da detecção da corrente de fuga e desligamento imediato. Protege também instalações contra falhas de isolação, evitando perdas de energia e possíveis focos de incêndio.

Referências:

1. ABNT NBR 5471 - Condutores elétricos ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NOV 1986.
2. ABNT NBR-5410: 2004 – Instalações elétricas de baixa tensão
3. Guia EM da NBR 5410. Revista Eletricidade Moderna. Disponível em: <https://www.arandanet.com.br/revista/em>.
4. LARA, Luiz Alcides Mesquita. Instalações elétricas. Ouro Preto: IFMG e Rede e-Tec Brasil, 2012.
5. WERTZNER, Decio. Artigo: Medidas de Controle Contra o Risco Elétrico - Proteção Contra Contatos Indiretos – Fazer Segurança. 2016. Disponível em: https://fazerseguranca.com/artigos_2016.10.10.php

Exercícios

1. Um circuito monofásico para tomadas de uso geral totaliza 2.200 W e passa no interior de um eletroduto de PVC embutido em parede de alvenaria. Junto dele passam condutores isolados de outros dois circuitos. Os condutores são de cobre, a temperatura ambiente é de 30 °C, o fator de potência da carga é 0,8 e a tensão 220 V. Determine a seção do condutor e a corrente nominal do disjuntor para este circuito sem considerar o efeito da queda de tensão.
2. Um circuito monofásico para um chuveiro de 5.000 W passa no interior de um eletroduto de PVC embutido em parede de alvenaria. Não passam outros circuitos neste eletroduto. Os condutores são de cobre, a temperatura ambiente é de 35 °C e a tensão 220 V. Determine a seção do condutor e a corrente nominal do disjuntor para este circuito sem considerar o efeito da queda de tensão..
3. Um circuito monofásico para iluminação tem potência instalada de 1.100 VA e passa no interior de um eletroduto de PVC embutido em parede de alvenaria. Junto dele passam condutores isolados de outro circuito. Os condutores são de cobre, a temperatura ambiente é de 35 °C e a tensão 220 V. Determine a seção do condutor e a corrente nominal do disjuntor para este circuito sem considerar o efeito da queda de tensão..
4. Um circuito monofásico para um forno resistivo de 5.200 W passa no interior de um eletroduto de PVC embutido em parede de alvenaria. Junto dele passam condutores isolados de outro circuito. Os condutores são de cobre, a temperatura ambiente é de 35 °C e a tensão 220 V. Determine a seção do condutor e a corrente nominal do disjuntor para este circuito sem considerar o efeito da queda de tensão.
5. Determine a seção mínima do condutor pelo critério da queda de tensão (máx. 4 %) considerando os dados do Exercício 1 para os seguintes casos:
 - a) 25 m de comprimento,
 - b) 90 m de comprimento.
6. Determine a seção mínima do condutor pelo critério da queda de tensão (máx. 4 %) considerando os dados do Exercício 4 para os seguintes casos:
 - a) 30 m de comprimento,
 - b) 80 m de comprimento.
7. Um banco de resistores de 6 kW é conectado no quadro de distribuição a uma distância de 30 m através de condutores com isolamento PVC unipolares lançados em eletrodutos de PVC embutidos em alvenaria. Junto dele passam condutores isolados de outro circuito. Os condutores são de cobre, a temperatura ambiente é de 30 °C e a tensão 220 V. Determine a seção do condutor e a corrente nominal do disjuntor para este circuito considerando todos os critérios estudados.
8. Um *chiller* monofásico de 10 kW e fator de potência de 0,85 é conectado no quadro de distribuição a uma distância de 40 m através de condutores com isolamento EPR unipolares lançados em eletrodutos de PVC aparente. Não passam outros circuitos neste eletroduto. Os condutores são de cobre, a temperatura ambiente é de 30 °C e a tensão 220 V. Determine a seção do condutor e a corrente nominal do disjuntor para este circuito considerando todos os critérios estudados.