

Instalações elétricas de baixa tensão

Dimensionamento de condutores

Depto. de Engenharia de Energia e Automação Elétricas
Escola Politécnica da USP

17 de junho de 2015

- Etapas anteriores do projeto de instalação elétrica em baixa tensão:
 - unifilar dos circuitos parciais
 - tabelas de cargas por circuito
- Referências:
 - Instalações elétricas industriais, 8a. ed., João Mamede Filho
 - Manual de instalações elétricas, Julio Niskier

- Critérios para determinação da seção mínima de condutores em uma instalação elétrica
 - capacidade de condução de corrente(ampacidade)
 - limite de queda de tensão
 - capacidade de condução de corrente de curto-circuito por tempo limitado
- Com base na potência e fator de potência das cargas previstas, é possível satisfazer os dois primeiros critérios

Principais dados de projeto para determinação da capacidade de corrente

- tipo de isolamento do condutor
- forma de instalação dos cabos
- número de condutores carregados
- temperatura ambiente ou do solo
- agrupamento dos circuitos

Instalações elétricas de baixa tensão

Conceitos gerais

- A norma para o projeto de instalações elétricas de baixa tensão é a NBR5410 (2004) - Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
 - Acesso na USP por <https://www.gedweb.com.br/usp> e fora da USP, com senha, em <https://uspdigital.usp.br/>
- A norma se aplica às instalações novas e/ou reformas em instalações que possuem:
 - Circuitos alimentados em tensão igual ou inferior a 1000 [V] - CA, com frequências inferiores a 400 [Hz], ou a 1500 [V] - CC;
 - Circuitos funcionando em tensão superior a 1000 [V], alimentados através de instalação de tensão igual ou inferior a 1000 [V] - CA (p. ex., circuitos de lâmpadas a descarga, etc.);
 - Linhas elétricas fixas de sinal (com exceção dos circuitos internos dos equipamentos), no que se refere aos acoplamentos entre essas linhas e os circuitos de potência.

Capacidade de condução de corrente (ampacidade)

- corrente máxima de forma que as temperaturas dos condutores+isolamento não ultrapassem os valores estabelecidos de acordo com o material

	Temperatura de operação em regime contínuo (°C)	Temperatura de sobrecarga (°C)	Temperatura de curto-circuito (°C)
PVC (cloreto de polivinila)	70	100	160
PET (polietileno)	70	90	150
XLPE (polietileno reticulado)	90	130	250
EPR (borracha etileno propileno)	90	130	250

Capacidade de condução de corrente (A) de condutores com isolamento em PVC, em função da forma de instalação e do número de condutores carregados

Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência									
	A1		A2		B1		...	D		...
	2 cond	3 cond	2 cond	3 cond	2 cond	3 cond	...	2 cond	3 cond	...
0,5	7	7	7	7	9	8	...	12	10	...
0,75	9	9	9	9	11	10	...	15	12	...
1	11	10	11	10	14	12	...	18	15	...
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	...	22	18	...
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	...	29	24	...
4	26	24	25	23	32	28	...	38	31	...
6	34	31	32	29	41	36	...	47	39	...
10	46	42	43	39	57	50	...	63	52	...
16	61	56	57	52	76	68	...	81	67	...
25	80	73	75	68	101	89	...	104	86	...
35	99	89	92	83	125	110	...	125	103	...
50	119	108	110	99	151	134	...	148	122	...
...

Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares, isolação PVC

Temperatura no condutor = 70°C

Temperatura ambiente = 30°C

Forma de instalação:

Métodos de referência, NBR 5410

Referência	Descrição
A1	Condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante
A2	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante
B1	Condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira
B2	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira
...	...
D	Cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo
...	...

Número de condutores carregados

- 2 condutores: circuitos fase-neutro, fase-neutro-terra ou fase-fase
- 3 condutores: circuitos fase-fase-neutro, trifásico a 3 fios ou 4 fios equilibrado

Correção da capacidade de corrente em função da temperatura

linhas não subterrâneas

Temperatura ambiente (°C)	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
30	1,00	1,00
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91

linhas subterrâneas

Temperatura do solo (°C)	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89

Fatores de agrupamento

Item	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares							Métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	...	
1	Em feixe ao ar livre ou sobre superfície; embutidos em condutos fechados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	...	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	...	C
...

Cálculo da corrente a ser considerada para encontrar ampacidade

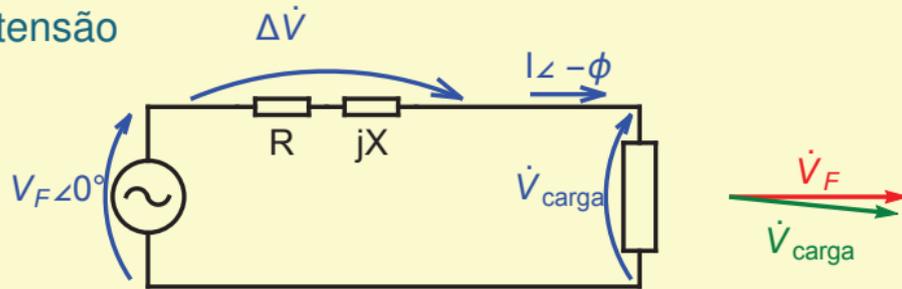
$$I = \frac{\sqrt{P_{total}^2 + Q_{total}^2}}{V} = \frac{S}{V} \text{ (circuitos fase-neutro ou fase-fase)}$$

$$I = \frac{\sqrt{P_{total}^2 + Q_{total}^2}}{\sqrt{3}V} = \frac{S_{3f}}{\sqrt{3}V} \text{ (circuitos trifásicos)}$$

$$I' = \frac{I}{f_t \cdot f_{agr}} \cdot f_{cres}$$

- f_t : fator de correção devido à temperatura ambiente;
- f_{agr} : fator de agrupamento, devido à passagem de mais de um circuito no eletroduto;
- f_{cres} : fator que indica a possibilidade de crescimento futuro da carga.

Queda de tensão



- Resistência e reatância são proporcionais ao comprimento do condutor
- $X \ll R$

$$\frac{|\dot{V}_F| - |\dot{V}_{carga}|}{|\dot{V}_F|} \leq \Delta V_{max} \text{ (ex: 2\%, 4\%)}$$

$$\dot{V}_{carga} = \dot{V}_F - (R + jX)(I \angle -\phi) = V_F - (R I \cos\phi + X I \sin\phi) + j(X I \cos\phi - R I \sin\phi)$$

$$|\dot{V}_{carga}| \approx \text{Re}\{\dot{V}_{carga}\} = V_F - (R I \cos\phi + X I \sin\phi)$$

Valores médios de resistência e reatância de condutores de cobre

Seção (mm^2)	Resistência ($m\Omega/m$)=(Ω/km)	Reatância ($m\Omega/m$)=(Ω/km)
1,5	14,1837	0,1378
2,5	8,8882	0,1345
4	5,5518	0,1279
6	3,7035	0,1225
10	2,2221	0,1207
16	1,3899	0,1173
25	0,8891	0,1164

Seção de condutores (mm^2) pelo critério da queda de tensão - 127 V

Corrente(A)	Comprimento do circuito (em metros)					
	15	30	45	60	80	100
8,7	2,5	4	6	10	10	16
13,1	2,5	6	10	16	16	25
17,5	4	10	10	16	25	25
21,8	6	10	16	25	25	35
26,2	6	10	16	25	35	50
30,6	6	16	25	35	35	50
34,9	10	16	25	35	50	50
39,3	10	16	25	35	50	70
43,7	10	25	25	50	50	70
52,5	10	25	50	50	70	95
61,2	16	25	35	70	70	95
69,9	25	35	50	70	95	120

Fator de potência da carga 0,90; queda de tensão máxima admissível de 2%; condutor de cobre embutido em eletroduto de PVC

Seção de condutores (mm^2) pelo critério da queda de tensão - 220 V

Corrente(A)	Comprimento do circuito (em metros)					
	15	30	45	60	80	100
5,0	1,5	1,5	2,5	2,5	4	4
7,5	1,5	2,5	4	4	6	6
10,1	1,5	2,5	4	6	10	10
12,6	1,5	4	6	6	10	10
15,1	1,5	4	6	10	10	16
17,6	2,5	4	10	10	16	16
20,2	2,5	6	10	10	16	16
22,7	4	6	10	16	16	25
25,2	4	6	10	16	16	25
30,3	6	10	16	16	25	25
35,3	6	10	16	25	25	35
40,4	10	10	16	25	35	35

Fator de potência da carga 0,90; queda de tensão máxima admissível de 2%; condutor de cobre embutido em eletroduto de PVC

Seção mínima dos condutores

Tipo de cabos	Utilização do circuito	Seção mínima do condutor
Isolados	Iluminação	1,5 mm^2 (cobre) 16 mm^2 (alumínio)
	Força (alta potência, tomadas e motores)	2,5 mm^2 (cobre) 16 mm^2 (alumínio)
	Sinalização e comando	0,5 mm^2 (cobre)
Nus	Força	10 mm^2 (cobre) 16 mm^2 (alumínio)
	Sinalização e comando	4 mm^2 (cobre)

Exemplo de cálculo

- condutor em isolamento de PVC, eletroduto de seção circular embutido em parede de alvenaria (A1)
- circuito de iluminação 127 V (fase-neutro), 3000 W, $f_p=0,90$ ind
- temp. ambiente = 25 °C
- eletroduto compartilhado com mais 3 circuitos
- fator de crescimento = 1,00
- comprimento total do circuito = 40 m

- Resolução:
 - $I = \frac{3000/0,9}{127} = 26,2 \text{ A}$
 - $t = 25^\circ\text{C}$, $f_t = 1,06$
 - 4 circuitos por eletroduto, $f_{agr} = 0,65$
 - Circuito fase-neutro, 2 condutores carregados
 - $I' = \frac{26,2}{1,06 \cdot 0,65} \cdot 1,0 = 38,0 \text{ A}$
 - Pela tabela de ampacidade, a seção escolhida é de 10 mm^2 .
 - Pelo critério da queda de tensão, considerando 26,2 A por 40 m, a seção escolhida é 16 mm^2 .