

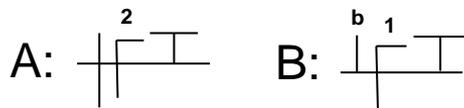
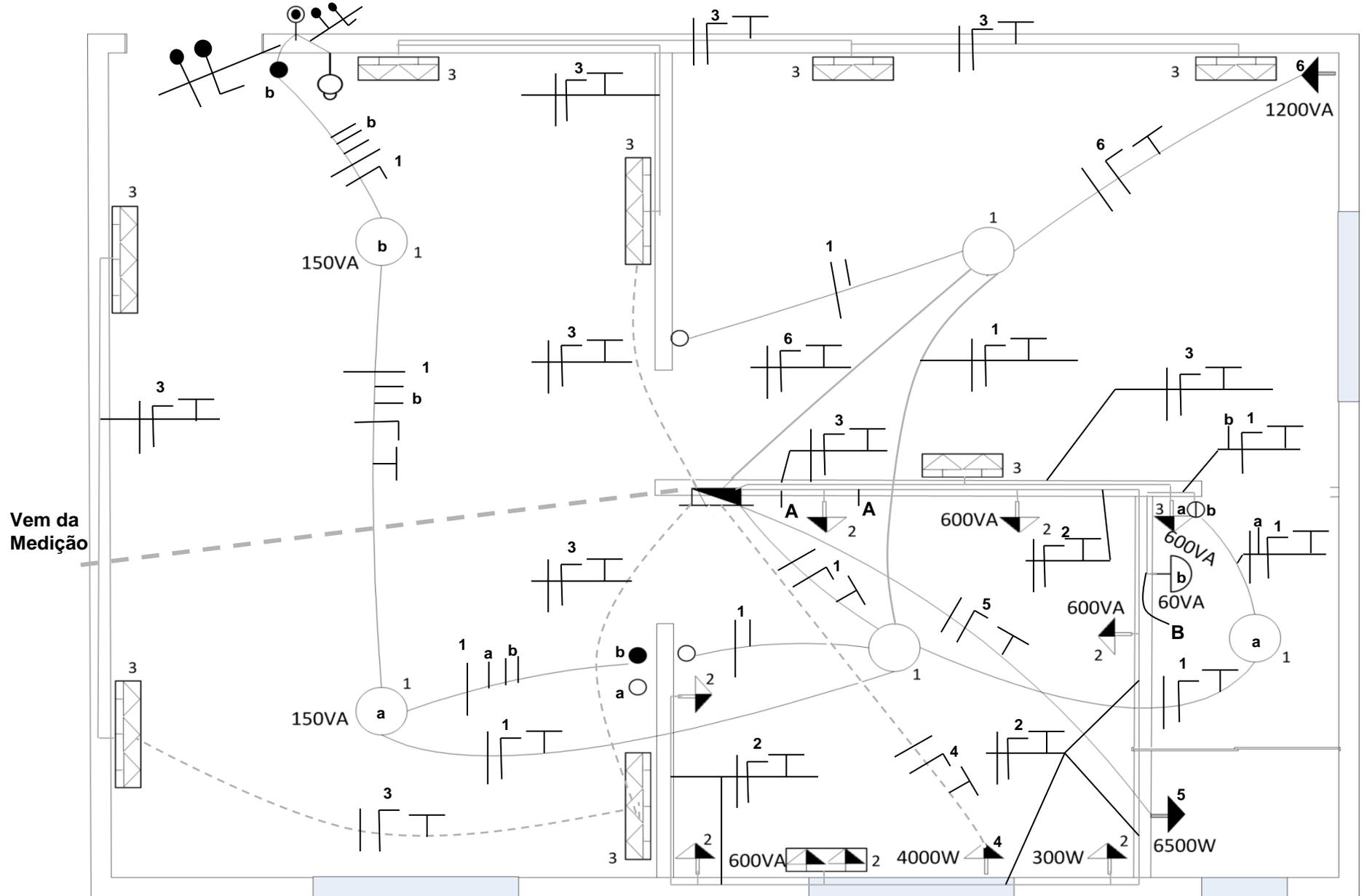
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

PROJETO RESIDENCIAL

MÓDULO III

Especificação da Fiação, Proteção e Eletrodutos

Distribuição dos Circuitos



Nota: 1- Pontos não cotados são de 100VA

DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS DE BAIXA TENSÃO

O item 6.2.6.1.2, da NBR5410/04, determina que a secção dos condutores deve ser através do atendimento, simultâneo, dos seguintes critérios (mínimo):

- Capacidade de Corrente (6.2.5);
- Queda de Tensão (6.2.7);
- Proteção contra Sobrecarga (5.3.4);
- Proteção contra Curto-Circuito e Solicitações Térmicas (5.3.5);
- Proteção por Seccionamento Automático da Alimentação (TN e IT) (5.1.2.2.4);
- Bitola Mínima (6.2.6).

DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES ELÉTRICOS



← Isolamento

<http://luxtil.com.br>

Tipo de Isolação	Temperatura (°C) Máxima no Condutor Serviço Contínuo	Temperatura (°C) Máxima no Condutor Sobrecarga	Temperatura (°C) Máxima no Condutor Curto-Circuito
Policloreto de Vinila (PVC) $\leq 300\text{mm}^2$	70	100	160
Policloreto de Vinila (PVC) $> 300\text{mm}^2$	70	100	140
Borracha Etileno- Propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno Reticulado (XPLE)	90	130	250

- Métodos de Instalação

Os cabos elétricos podem ser instalados de inúmeras formas. Podem estar acondicionados em condutos que variam na forma e no material. Cada modo de instalar é denominado MÉTODO de INSTALAÇÃO



Bandeja



Escada para cabos (leito)



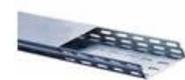
Perfilado sem tampa



Canaleta de parede



Eletroduto



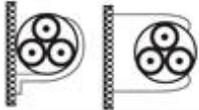
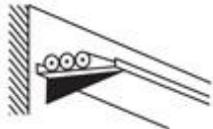
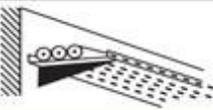
Eletrocalha

<http://www.osetoreletrico.com.br>

O item 6.2.5.1.2, da NBR5410/04, estabelece os Métodos de Referências, os quais são os Métodos de Instalação que tiveram a capacidade de condução de corrente dos condutores determinadas via ensaios ou cálculos, visando não ultrapassar os limites de temperaturas que acarretam danos ao isolamento dos cabos. Foram determinados 9 métodos de referências, os quais são utilizados para caracterizar os métodos de instalações possíveis.

- **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**
- **C → cabo unipolar ou cabo multipolar sobre parede de madeira**
- **D → cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo**
- **E → cabo multipolar ao ar livre**
- **F → cabo unipolar justapostos (na horizontal, vertical ou em trifólio) ao ar livre**
- **G → cabo unipolar espaçados ao ar livre**

A tabela abaixo, mostra alguns exemplos da relação Métodos de Instalação e Métodos de Referência.

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência
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 espaçador desta, menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical	E (multipolar) F (unipolares)

<http://www.sil.com.br/eletricista/tabelas.aspx>

- Número de condutores carregados (Tabela 46, da NBR5410/04):

- Circuito monofásico a 2 condutores = 2 condutores carregados;
- Circuito monofásico a 3 condutores = 2 condutores carregados
- Circuito bifásico sem neutro = 2 condutores carregados;
- Circuito bifásico com neutro = 3 condutores carregados.
- Circuito trifásico sem neutro = 3 condutores carregados;
- Circuito trifásico com neutro = 4 condutores carregados;

TDH > 15%
ou
Sistema Desequilibrado

Método da Capacidade de Corrente do Condutor

$$I = \frac{P}{K \times U \times FP} \quad \text{ou} \quad I = \frac{S}{K \times U}$$

$I \rightarrow$ Corrente de linha

$P \rightarrow$ Potência Ativa

$S \rightarrow$ Potência Aparente

$FP \rightarrow$ Fator de Potência

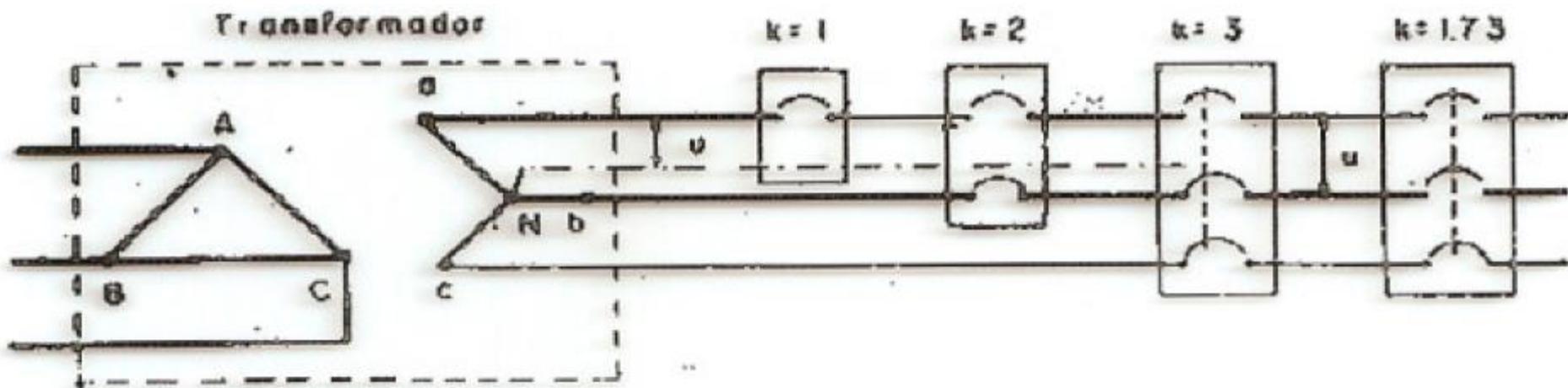


TABELA - CAPACIDADES DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPÈRES, PARA OS MÉTODOS DE REFERÊNCIA, A1, A2, B1, B2, C e D

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

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

APLICAÇÃO *

FCA

FCT

seções nominais (mm ²)	métodos de instalação definidos na tabela 1											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
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

Observar que a tabela não contempla coluna para 4 condutores carregados.

Deve-se utilizar a coluna para 3 condutores, aplicando um fator redutivo de 0,86

Exemplo: cabo de 6mm² / B1 → I_Z=36A Para 4 condutores → I'_Z= 0,86x36= 31A

QT

DISJ

FATOR DE CORREÇÃO POR AGRUPAMENTO - FCA (Cabos Semelhantes *)

TABELA - FATORES DE CORREÇÃO APLICÁVEIS A CONDUTORES AGRUPADOS EM FEIXE (EM LINHAS ABERTAS OU FECHADAS) E A CONDUTORES AGRUPADOS NUM MESMO PLANO, EM CAMADA ÚNICA.

APLICAÇÃO

TAB

FCT

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 condutos fechados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	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		0,70	36 a 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		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		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		0,78		

Conforme Tabela 42 – NBR5410/04

<http://www.prysmian.com.br>

Obs.: vide tabela para condutores em mais de uma camada (Tab. 43), cabos enterrados (Tab. 44) e eletrodutos enterrados (Tab. 45).

* Cabos Semelhantes: seções nominais contidas no intervalo de 3 seções normatizadas sucessivas

Cabos Não Semelhantes:

$$FCA = \frac{1}{\sqrt{n}} \quad \text{onde, } n = \text{no. de circuitos}$$

FATOR DE CORREÇÃO POR TEMPERATURA - FCT

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

De acordo com a tabela 40 da NBR 5410/2004.

MÉTODO DA QUEDA DE TENSÃO



Target

Instalações Elétricas de Baixa Tensão de Acordo com a Nova NBR 5410:2004

Linhas Elétricas

QUEDA DE TENSÃO (item 6.2.7)

Qualquer ponto de utilização da instalação, a queda de tensão não deve ser superior aos seguintes valores:

- a) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);
- 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;
- c) 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
- d) 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.

Em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser superior a 4% .
(item 6.2.7.2)

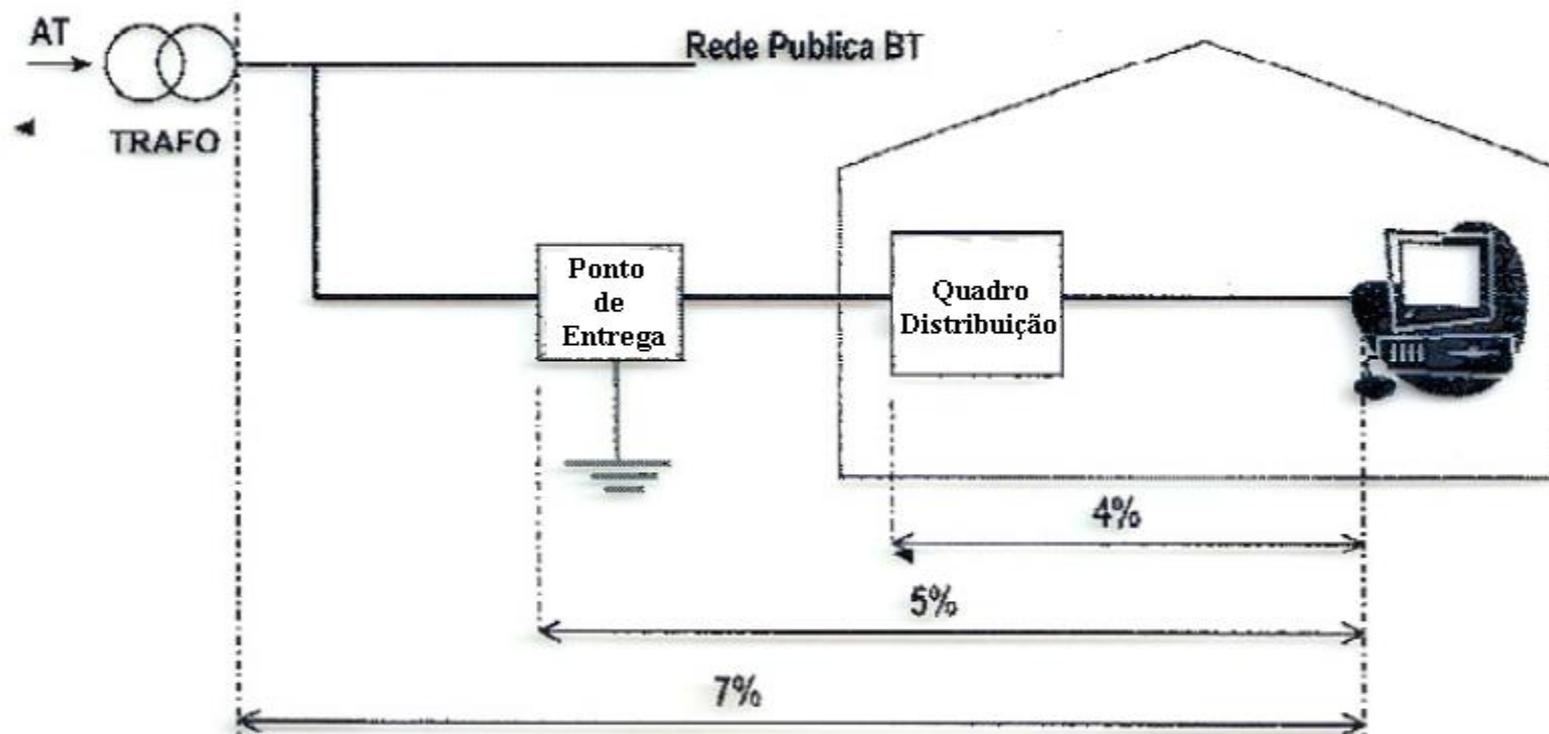


Target

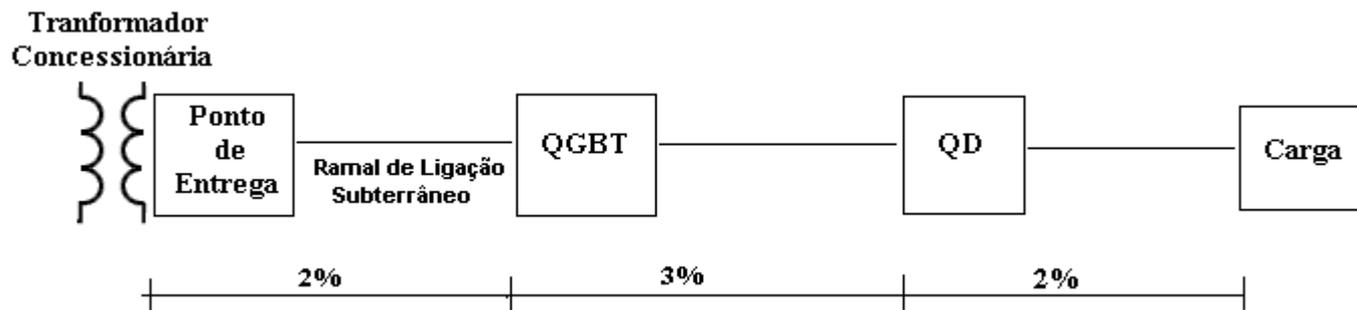
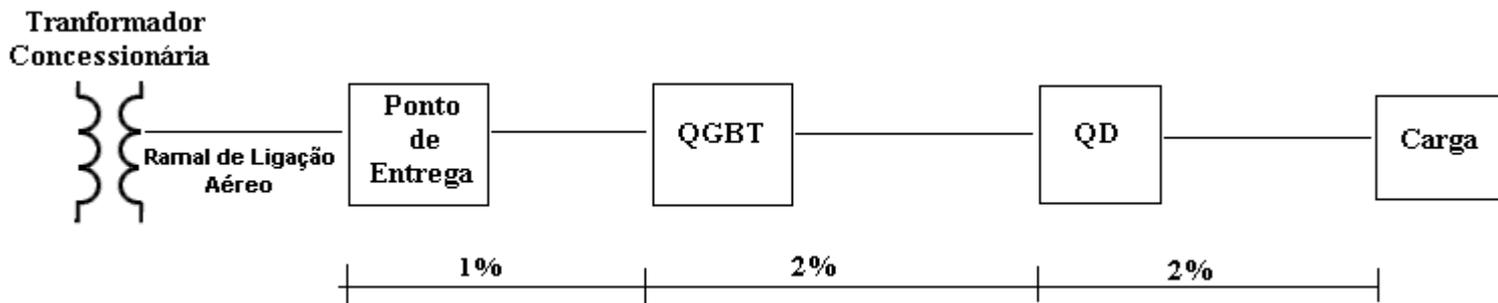
Instalações Elétricas de Baixa Tensão de Acordo com a Nova NBR 5410:2004

Linhas Elétricas

Limites de queda de tensão - situação b)



Visando atender as recomendações da norma, quanto à queda de tensão, pode-se adotar os seguintes percentuais, por trecho da instalação, dependendo do tipo de ramal de ligação.



- Cálculo da Queda de Tensão - **Método do WATT x Metro**

Queda de tensão percentual:
$$\Delta V_{\%} = \frac{R \cdot I}{V} \times 100 \quad (1)$$

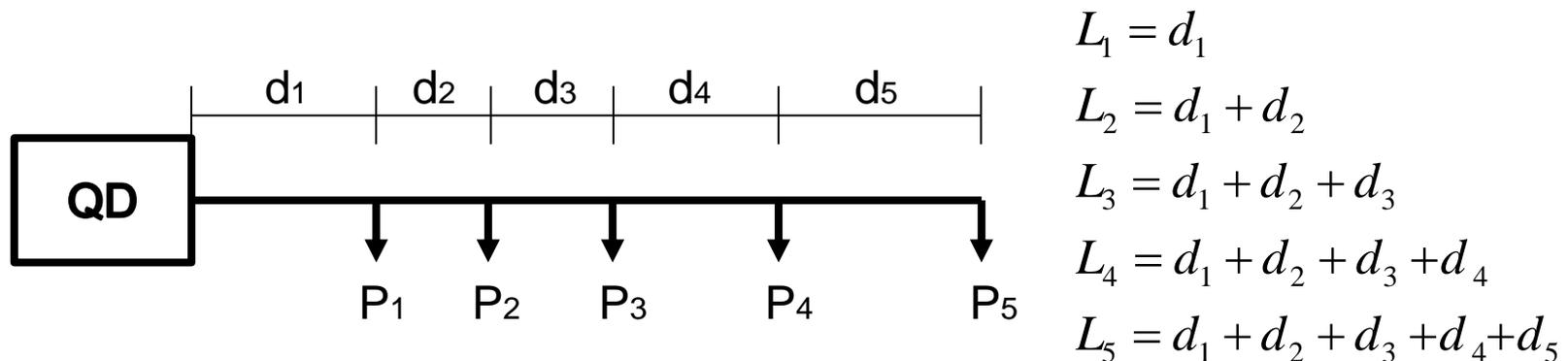
Para circuitos a dois condutores:
$$R = 2 \cdot \rho \frac{L}{S} \quad (2) \quad P = V \cdot I \quad (3)$$

Substituindo 2 e 3 em 1, tem-se:

$$\Delta V_{\%} = \frac{\frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V}}{V} \times 100 = \frac{200 \cdot \rho \cdot P \cdot L}{S \cdot V^2} \rightarrow S = \frac{200 \cdot \rho \cdot P \cdot L}{\Delta V_{\%} \cdot V^2} \quad (4)$$

Pode-se observar que a seção do condutor é proporcional ao produto $P \times L$ (W.m).

Para um circuito com carga distribuída a seção será proporcional ao $\sum P \times L$



As distâncias dn já levam em consideração eventuais subidas e descidas do eletroduto

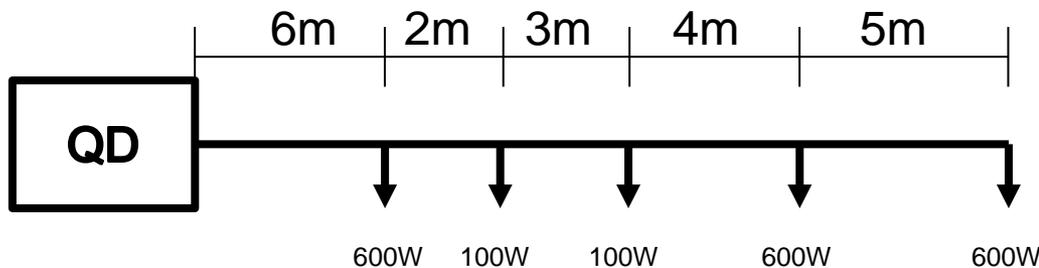
Baseado na equação $S = \frac{200 \cdot \rho \cdot P \cdot L}{\Delta V_{\%} \cdot V^2}$, foram desenvolvidas as seguintes tabelas:

Soma das Potências em Watts x Distância em Metros (V=220V)

Condutor (mm ²)	Queda de Tensão (e%)			
	1%	2%	3%	4%
1,5	21054	42108	63162	84216
2,5	35090	70180	105270	140360
4	56144	112288	168432	224576
6	84216	168432	252648	336864
10	140360	280720	421080	561440
16	224576	449152	673728	898304
25	350900	701800	1052700	1403600
35	491260	982520	1473780	1965040
50	701800	1403600	2105400	2807200
70	982520	1965040	2947560	3930080
95	1333420	2666840	4000260	5333680
120	1684320	3368640	5052960	6737280

Soma das Potências em Watts x Distância em Metros (V=127V)

Condutor (mm ²)	Queda de Tensão (e%)			
	1%	2%	3%	4%
1,5	7016	14032	21048	28064
2,5	11694	23387	35081	46774
4	18710	37419	56129	74839
6	28064	56129	84193	112258
10	46774	93548	140322	187096
16	74839	149677	224516	299354
25	116935	233871	350806	467741
35	163709	327419	491128	654837
50	233871	467741	701612	935482
70	327419	654837	982256	1309675
95	444354	888708	1333062	1777416
120	561289	1122578	1683868	2245157



$$L_1 = 6m$$

$$L_2 = 6 + 2 = 8m$$

$$L_3 = 6 + 2 + 3 = 11m$$

$$L_4 = 6 + 2 + 3 + 4 = 15m$$

$$L_5 = 6 + 2 + 3 + 4 + 5 = 20m$$

TAB

DISJ

APLICAÇÃO

$$QT = 600 \times 6 + 100 \times 8 + 100 \times 11 + 600 \times 15 + 600 \times 20 = 26.500W.m$$

O CONDUTOR NEUTRO

A NBR5410/04 prevê, no item 6.2.6.2, algumas recomendações a serem observadas para o dimensionamento do condutor NEUTRO.

- O condutor Neutro não deve ser comum a mais de um circuito;
- Em circuitos monofásicos o neutro deve ter a mesma bitola do condutor Fase;
- Para circuitos bifásicos ou trifásicos com Neutro e $TDH \leq 33\%$, a seção do condutor Neutro não deve ser inferior à do condutor Fase;
- Para circuitos bifásicos ou trifásicos com Neutro e $TDH \geq 33\%$, a seção do condutor Neutro poderá ser superior à do condutor Fase, observando as orientações do Anexo F, da NBR5410/04;
- Para circuitos trifásicos com Neutro, a seção do condutor Neutro poderá ser inferior à do condutor Fase, desde que satisfaça simultaneamente a:
 - ❖ Em serviço normal, o circuito seja presumivelmente equilibrado;
 - ❖ O $TDH \leq 15\%$;
 - ❖ O condutor Neutro seja protegido contra sobrecorrente conforme 5.3.2.2.

Observando a seguinte regra (Tabela 48 da NBR5410/04):

- $S_F \leq 25\text{mm}^2 \rightarrow S_N = S_F$
- $S_F = 35\text{mm}^2$ ou $S_F = 50\text{mm}^2 \rightarrow S_N = 25\text{mm}^2$
- $S_F > 50\text{mm}^2 \rightarrow S_N = S_F/2$

Bitolas (mm^2)
...16, 25, 35, 50,
70, 95, 120, 150,
185...

CONDUTOR DE PROTEÇÃO - PE

- Todo circuito deve ter um condutor de proteção, em toda a sua extensão (5.1.2.2.3.6);

- Um condutor PE pode ser comum a mais de um circuito, desde que esteja instalado dentro do mesmo conduto que o condutor fase (6.4.3.1.5);

- Elementos metálicos que não são admitidos como PE (6.4.3.2.3):

- tubulações de água, gases ou líquidos inflamáveis ou combustíveis;
- elementos de construção sujeitos a esforços mecânicos em serviço normal;
- eletrodutos flexíveis, partes metálicas flexíveis;
- armadura de concreto ou estruturas e elementos metálicos da construção.

- Dimensionamento do PE

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

$S \Rightarrow$ seção do condutor (mm^2);

$I \Rightarrow$ corrente de curto-circuito (A);

$t \Rightarrow$ tempo de atuação do dispositivo de proteção (s);

$k \Rightarrow$ constante dependente do material do condutor, isolamento,

temperatura e seu valor é obtido nas Tabelas 53 a 57 da NBR5410/04.

Em alternativa ao cálculo, a NBR5410/04 disponibiliza a Tabela 58, que em resumo determina:

$$S_F \leq 16\text{mm}^2 \rightarrow S_{PE} = S_F$$

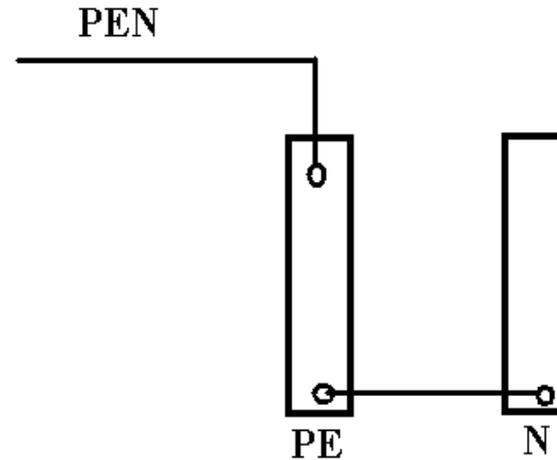
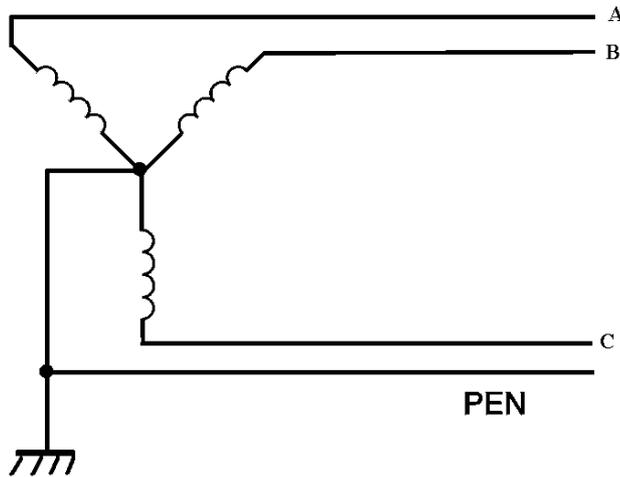
$$S_F = 25\text{mm}^2 \text{ ou } S_F = 35\text{mm}^2 \rightarrow S_{PE} = 16\text{mm}^2$$

$$S_F > 35\text{mm}^2 \rightarrow S_{PE} = S_F/2$$

CONDUTOR PEN (PE+N)

O condutor PEN é aquele que conjuga as funções de proteção (PE) com as funções de neutro (N) em um mesmo meio físico.

O condutor PEN tem sua origem quando do aterramento do secundário (Y) do transformador do sistema de distribuição da rede da concessionária.



Esquema de ligação em quadro de distribuição (6.4.3.4.4)

CÓDIGO DE CORES PARA OS CONDUTORES:

- FASE: PRETO, CINZA, BRANCO, AMARELO e VERMELHO
- NEUTRO: AZUL-CLARO
- PE: VERDE ou VERDE-AMARELO



DISPOSIÇÃO DOS CONDUTORES

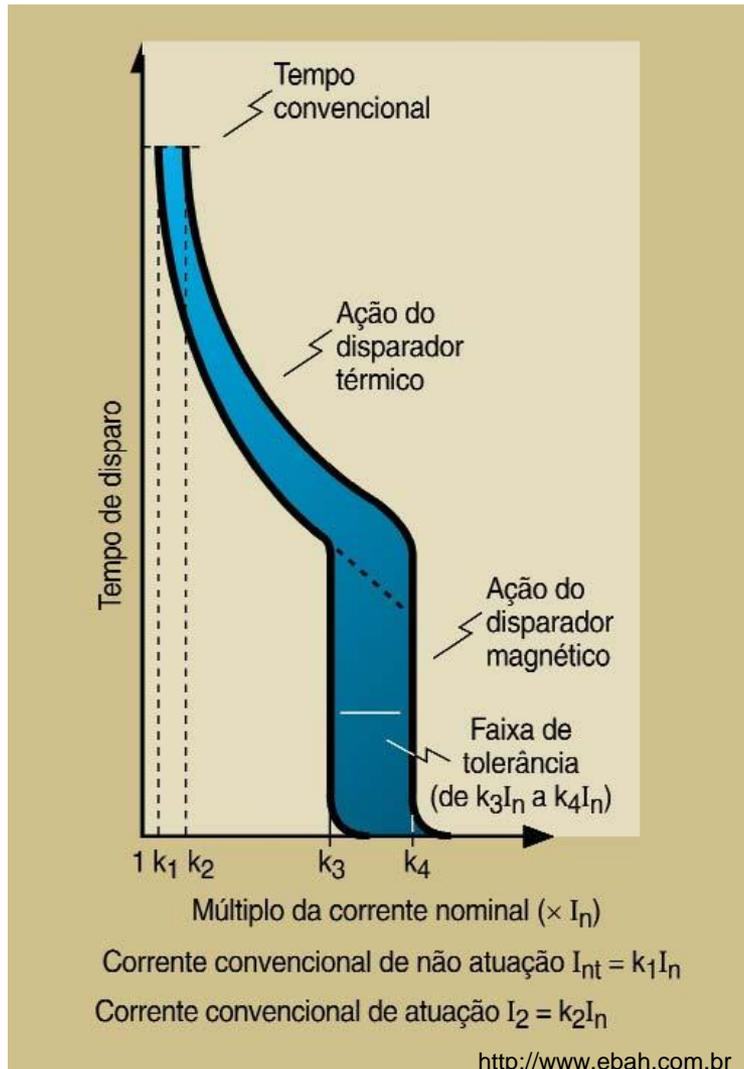
O item 6.2.10, NBR5410/04, determina:

- Cabos multipolares só devem conter os condutores de um mesmo e único circuito;
- Em condutos fechado se pode ter condutores de mais de um circuito nos seguintes casos:
 - a) Atendendo as 4 condições seguintes:
 - Sejam circuitos de uma mesma instalação (mesmo dispositivo geral de manobra e proteção);
 - As seções nominais dos condutores estejam dentro do intervalo de 3 valores normalizados consecutivos;
 - A temperatura máxima de serviço contínuo seja a mesma, e;
 - Os condutores forem isoladas para a mais alta tensão nominal presente;
ou
 - b) Para circuitos de força, de comando e/ou sinalização de um mesmo equipamento.
- Todos os condutores de um mesmo circuito (F, N e PE) devem estar nas proximidades imediatas uns dos outros;
- No caso de condutores em paralelo, deve-se reunir em tantos grupos quantos forem os cabos paralelos, sendo que cada grupo deve ter um condutor de cada fase ou polaridade, instalados nas proximidades uns dos outros.

DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO

- DISJUNTORES TERMOMAGNÉTICOS

NORMAS (IEC)



1) NBR NM 60898:

disjuntores especialmente projetados para serem manipulados por usuários leigos, ou seja, para uso por pessoas não qualificadas e para não sofrerem manutenção (normalmente instalações residenciais ou similares).

2) NBR IEC 60947-2:

disjuntores para serem manipulados por pessoas qualificadas, ou seja, com formação técnica, e para sofrerem ajustes e manutenção (normalmente instalações industriais ou similares).

Regulamento Técnico de Qualidade (RTQ)
Inmetro

Portaria 243/2006 → Regulamenta a extinta
NBR5361

CURVAS DE ATUAÇÃO

Curva B: 3 à 5 x I_n

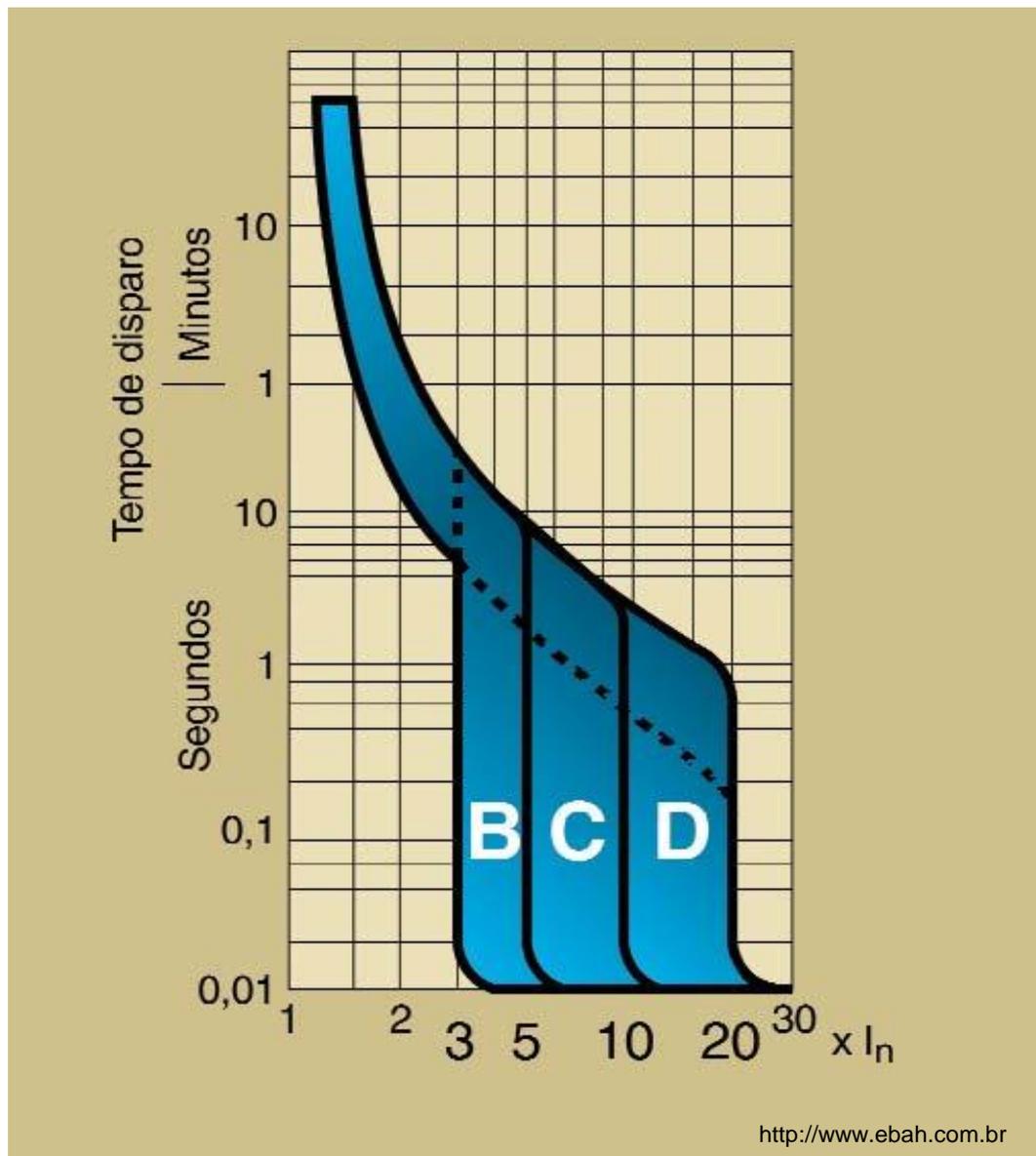
Para proteção de circuitos que alimentam cargas com características predominantemente resistivas, como lâmpadas Incandescentes, chuveiros, torneiras e aquecedores elétricos.

Curva C: 5 à 10 x I_n

Para proteção de circuitos residenciais e comerciais que apresentam cargas mistas ou genéricas.

Curva D: 10 à 20 x I_n

Para proteção de circuitos com cargas altamente indutivas, tal como motores, e que apresentam altas correntes de partida.



Selo de origem

- É o seu certificado de garantia Siemens contra falsificações



Bornes protegidos

- Proteção contra toques acidentais



Dispositivo para compressão de condutores

- Garantia de conexão perfeita, inclusive no uso de cabos flexíveis (até 32 A)



Exclusiva gravação a laser

- Garantia de integridade das marcações por toda vida útil do produto.



Alavanca embutida

- Garantia de proteção contra manobras acidentais

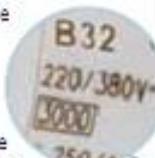


Disparo livre

- Garante atuação em caso de curtos-circuitos e sobrecargas, mesmo com a alavanca travada

Identificação

- Fácil identificação da curva de disparo, da corrente nominal e da capacidade de interrupção.
Exemplo
B - curva de disparo
32 - corrente nominal
3000 - capacidade de interrupção de acordo com a norma NBR NM 60898



Código de barras

- Impresso no próprio produto



Controle de qualidade

- Registro individual do lote e rigoroso controle de produção



Normas técnicas atuais NBR NM 60898

- Adequado à proteção dos fios e cabos em mm² normalizados e produzidos no Brasil, e ao manuseio do usuário sem formação técnica

NBR - IEC 60 898 (32 - 1A)	NBR - IEC 60 347-2 (32 - 1A)
1	1
3	4,5

Capacidade de interrupção

- Alto desempenho adequados as redes usuais no Brasil

CAPACIDADE DE INTERRUPTÃO			
IEC 60898-1	IEC 60347-2	IEC 60898-1	IEC 60347-2
3000	4500	3000	4500

Fixação rápida em trilhos DIN

- Facilidade, agilidade e economia nos processos de montagem e manutenção



Certificação

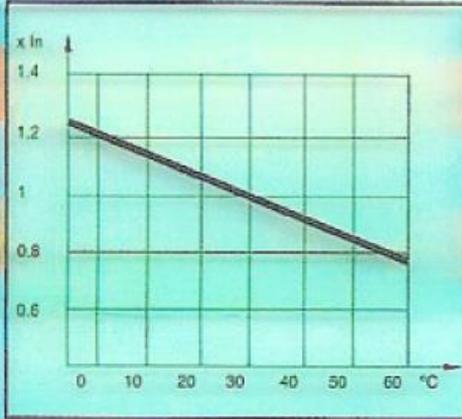
- Selo INMETRO. Porém, construído para superar os requisitos solicitados por este órgão



Proteção contra sobrecarga (atuação do térmico)

IEC 898

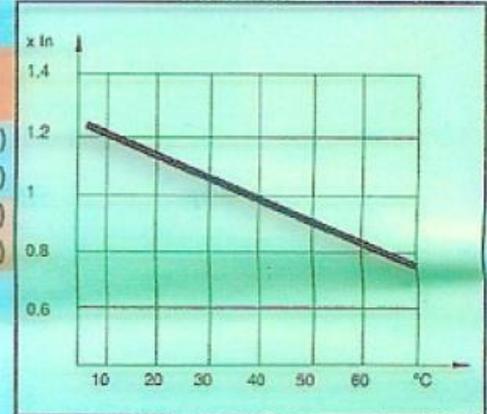
Intensidade	Tempo de Atuação
1,13 I_n	$t \geq 1h$ ($I_n \leq 63A$) $t \geq 2h$ ($I_n > 63A$)
1,45 I_n	$t < 1h$ ($I_n \leq 63A$) $t < 2h$ ($I_n > 63A$)
2,55 I_n	$1s < t < 60s$ ($I_n \leq 32A$) $1s < t \leq 120s$ ($I_n > 32A$)



Para temperatura diferente de 30° C, aplicar o coeficiente de correção acima.

IEC 947-2

Intensidade	Tempo de Atuação
1,05 I_n	$t \geq 1h$ ($I_n \leq 63A$) $t \geq 2h$ ($I_n > 63A$)
1,30 I_n	$t < 1h$ ($I_n \leq 63A$) $t < 2h$ ($I_n > 63A$)

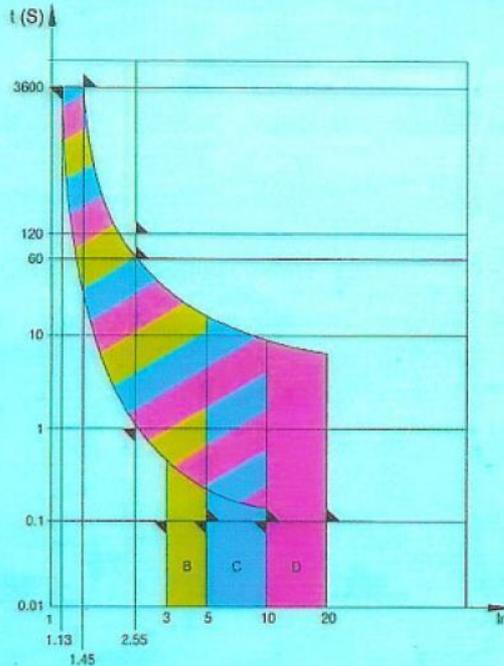


Para temperatura diferente de 40° C, aplicar o coeficiente de correção acima.

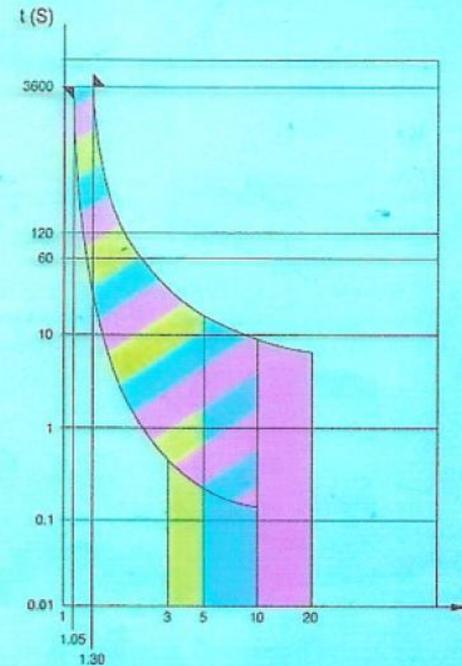
Corrente Convencional de Atuação (I_2)

Corrente Convencional de Atuação (I_2)

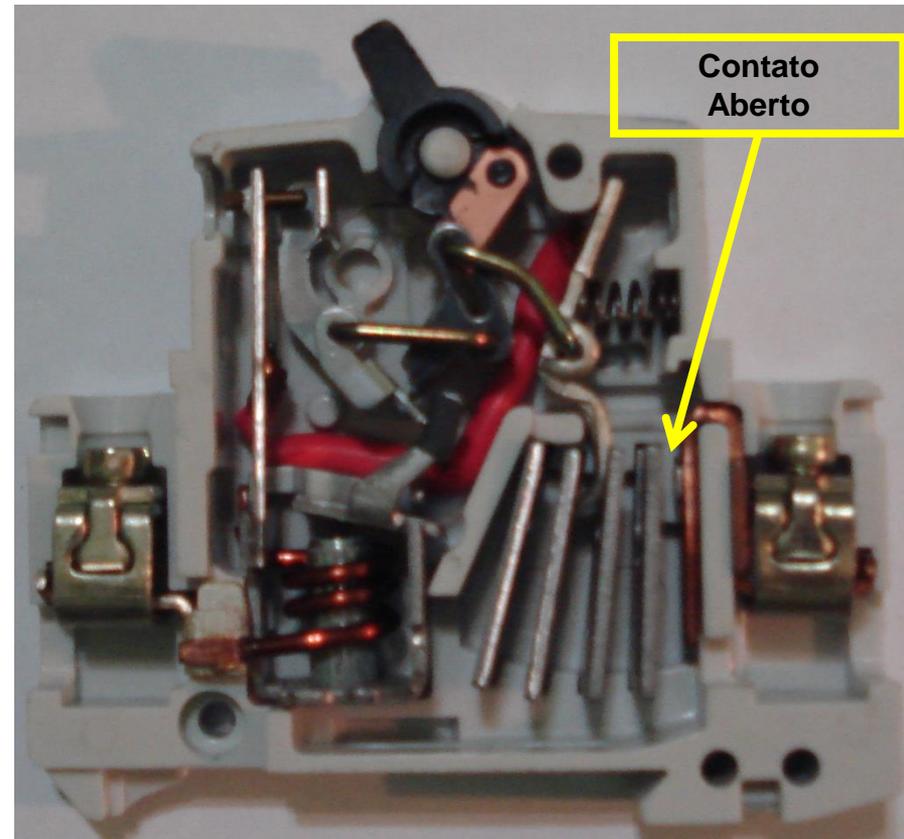
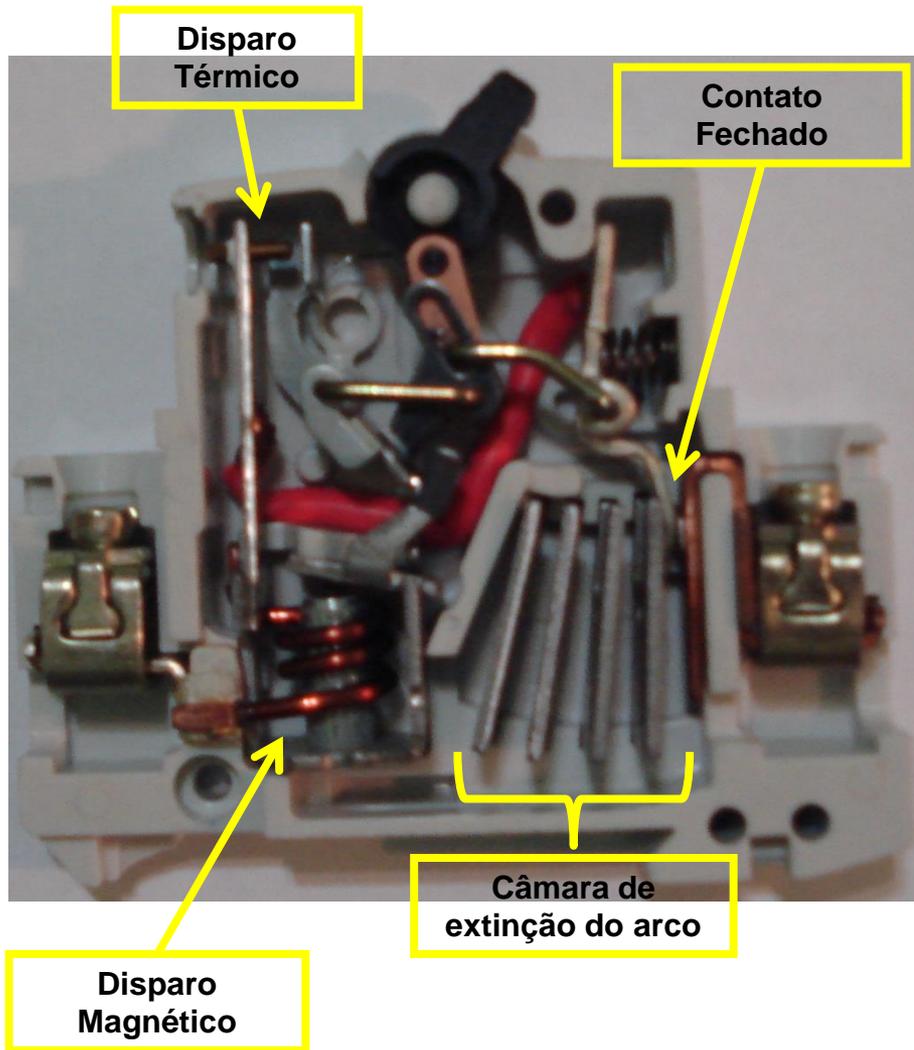
IEC 898: Curva de Disparo



IEC 947-2: Curva de Disparo

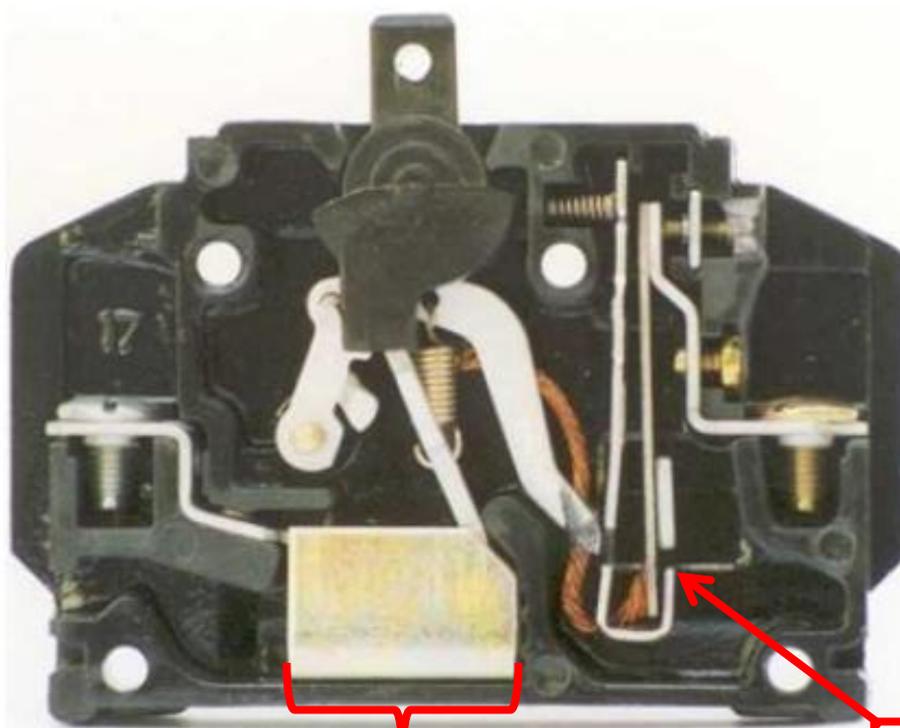


Disjuntor IEC - Construtivo



Fonte: do autor

Disjuntor NEMA - Construtivo



**Câmara de
extinção do arco**

**Disparo Térmico para
Sobrecorrente e
Curto-Circuito**

- DIMENSIONAMENTO DE DISJUNTOR

$$a) I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$I_B \Rightarrow$ corrente de projeto do circuito;

$I_N \Rightarrow$ corrente nominal do dispositivo de proteção;

$I_Z \Rightarrow$ capacidade de condução de corrente dos condutores;

$$b) I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$I_2 \Rightarrow$ corrente convencional de atuação do dispositivo de proteção

A equação b) é aplicável quando for possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga (100°C para cabo isolamento PVC) dos condutores não venha a ser mantida por um tempo superior a 100h durante 12 meses consecutivos, ou por 500h ao longo da vida útil do condutor. Não sendo possível uma destas condições, então, a equação b) passa a ser:

$$b) I_2 \leq I_Z$$

- Atuação do Disjuntor (Térmico)

$$I_2 = 1,45 \cdot I_N \quad \text{para norma IEC 898}$$

$$I_2 = 1,30 \cdot I_N \quad \text{para norma IEC 947}$$

APLICAÇÃO

TAB

QT

ELETRODUTOS

- Dados Dimensionais do Cabo

DADOS CONSTRUTIVOS

superastic flex

CABO SUPERASTIC FLEX 750 V BWF ANTIFLAM

seção nominal (mm ²)	diâmetro nominal do condutor (mm)	espessura nominal isolação (mm)	diâmetro externo nominal (mm)	peso líquido nominal (kg / km)
1	1,3	0,6	2,5	14
1,5	1,5	0,7	2,9	19
2,5	1,9	0,8	3,5	30
4	2,4	0,8	4,0	44
6	3,0	0,8	4,6	61
10	3,9	1,0	5,9	105
16	5,5	1,0	7,5	161
25	6,2	1,2	8,6	247
35	8,2	1,2	10,6	339
50	9,9	1,4	12,7	506
70	11,7	1,4	14,5	685

<http://www.prysmian.com.br>

$$S_{ext} = \pi \cdot (r_{ext})^2 = \pi \cdot (2,9 / 2)^2 = 6,6 \text{mm}^2$$

Cabo Flexível BWF 750 V

Dados construtivos

Seção nominal (mm ²)	Classe de encordoamento	Diâmetro nominal do condutor (mm)	Espessura nominal de isolação (mm)	Diâmetro externo nominal (mm)
0,5	4	0,90	0,6	2,10
0,75	4	1,15	0,6	2,35
1	4	1,25	0,6	2,45
1,5	4	1,55	0,7	2,95
2	4	1,70	0,8	3,30
2,5	4	1,97	0,8	3,57
4	4	2,50	0,8	4,10
6	4	3,10	0,8	4,70
10	5	4,30	1,0	6,30
16	5	5,40	1,0	7,40
25	4	6,80	1,2	9,20
35	5	7,85	1,2	10,25
50	5	9,30	1,4	12,10
70	5	11,25	1,4	14,05

<http://www.corfio.com.br>

$$S_{ext} = \pi \cdot (r_{ext})^2 = \pi \cdot (2,95 / 2)^2 = 6,8 \text{mm}^2$$

Pelos valores calculados, observa-se a pequena variação da área externa, em função de diferentes fabricantes.

A regra para dimensionamento de eletrodutos é dada pelo item 6.2.11.1.6, da NBR5410/04, e está baseada no cálculo da taxa de ocupação do eletroduto, conforme segue:

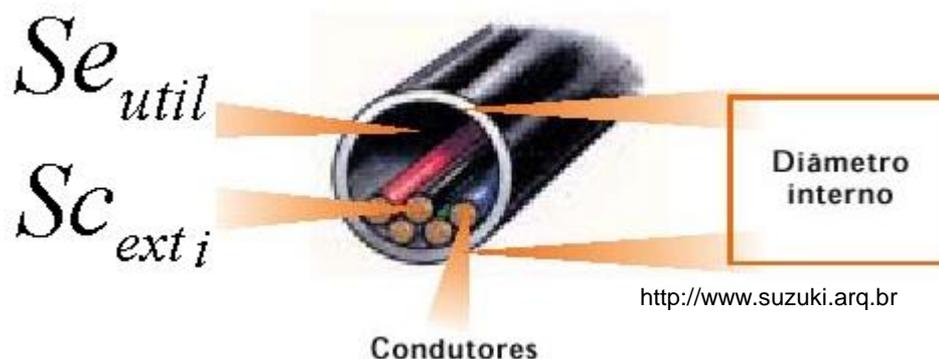
$$S_{\%} = \frac{\sum_{i=1}^n Sc_{ext\ i}}{Se_{util}} \times 100$$

onde,

$S_{\%}$ \Rightarrow taxa de ocupação do eletroduto

$Sc_{ext\ i}$ \Rightarrow área externa do i -ésimo cabo contido no eletroduto

Se_{util} \Rightarrow área útil do eletroduto (conforme diâmetro interno)



Segundo a norma, a taxa de ocupação do eletroduto deve obedecer os seguintes critérios:

$S_{\%} \leq 53\%$ \Rightarrow para um condutor

$S_{\%} \leq 31\%$ \Rightarrow para dois condutores

$S_{\%} \leq 40\%$ \Rightarrow para 3 ou mais condutores

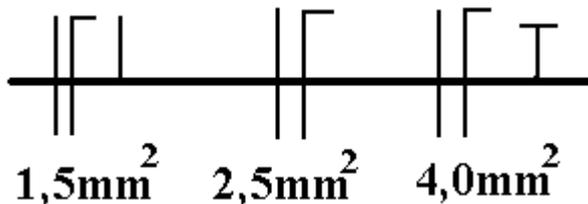
Assim, a tabela abaixo, mostra o dimensional do eletroduto de PVC, incluindo a área útil de cada um, considerando a ocupação interior.

Eletrodutos de PVC Rígido Roscável - Classe A (NBR 6150)

Referência de Rosca	Diâmetro nominal (mm)	Diâmetro externo (mm)	Diâmetro interno (mm)	Espessura (mm)	Área total aprox. (mm ²)	Área útil 1 cabo (53 %)	Área útil 2 cabos (31 %)	Área útil ≥ 3 cabos (40 %)
3/8"	16	16,7	12,7	2,0	126,7	67,1	39,3	50,7
1/2"	20	21,1	16,1	2,5	203,6	107,9	63,1	81,4
3/4"	25	26,2	21,0	2,6	346,4	183,6	107,4	138,6
1"	32	33,2	26,8	3,2	564,1	299,0	174,9	225,6
1.1/4"	40	42,2	35,0	3,6	962,1	509,9	298,3	384,8
1.1/2"	50	47,8	39,8	4,0	1244,1	659,4	385,7	497,6
2"	60	59,4	50,2	4,6	1979,2	1049,0	613,6	791,7
2.1/2"	75	75,1	64,1	5,5	3227	1710,3	1000,4	1290,8
3"	85	88,0	75,6	6,2	4488,8	2379,1	1391,5	1795,5

<http://www.ebah.com.br>

Exemplo:



$$S_{ext_{1,5}} = 6,6mm^2 \quad S_{ext_{2,5}} = 9,6mm^2 \quad S_{ext_{4,0}} = 12,6mm^2$$

$$S_{ocup} = 3 \times 6,6 + 2 \times 9,6 + 3 \times 12,6 = 76,8mm^2$$

Com mais de 3 condutores, então o eletroduto será de 20mm, cuja área útil é 81,4mm².

- Prescrições para instalação de eletrodutos

A NBR5410/04, em seu item 6.2.11.1, traz recomendações a ser observadas quando da instalação de eletrodutos. Salienta-se que os itens 6.2.11.2 até 6.2.11.8, ditam as recomendações para instalação de outros condutos como eletrocalhas, bandejas, perfilados e outras formas de acondicionar as linhas elétricas.

Para eletrodutos, tem-se:

- É permitido apenas o uso de produtos que expressamente sejam comercializados como eletrodutos. Não sendo permitido o uso de produtos caracterizados como “mangueiras”;
- Os produtos devem ser não-propagantes de chamas;
- Qualquer que seja a situação de instalação, os eletrodutos devem suportar os efeitos das solicitações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas;
- Devem ser instalados, no interior dos eletrodutos, apenas condutores isolados, cabos unipolares ou multipolares. Sendo permitido a instalação de cabos nus, para efeitos de proteção mecânica, desde que sozinhos;
- Trechos retilíneos contínuos, sem interposição de caixas ou equipamentos, não devem exceder a 15m para instalação interior e 30m para instalação exterior à edificação. Se houver curvas, os limites devem ser reduzidos em 3m para cada curva de 90°;

- Havendo impedimento de instalação de caixa intermediária, o comprimento do trecho contínuo pode ser aumentado, desde que seja observado o uso de eletroduto com diâmetro nominal imediatamente superior para cada 6m, ou fração, de incremento da distância máxima permitida para trechos contínuos (15 ou 30m).

Exemplo: Se ao invés de um trecho de 15m, seja necessário um trecho de 23m, ou seja, um incremento de 8m no comprimento do trecho. Supondo que a bitola do eletroduto, segundo a norma, tenha dado 25mm, então, com o incremento de 8m, a nova bitola do eletroduto será 40mm.

- Um trecho de tubulação pode ser limitado por uma das combinações: caixa-caixa, caixa-extremidade ou extremidade-extremidade. Assim, entre duas delimitações é passível de se instalar um máximo de 3 curvas de 90° ou o equivalente até no máximo 270°.

- Curvas originadas do **dobramento do eletroduto**, não devem reduzir as dimensões internas do eletroduto,

- Deve haver caixas:

- onde houver entrada ou saída de condutores, exceto quando da passagem de linha aberta para eletroduto, quando deve ser usado bucha para o acabamento da extremidade;
- onde houver necessidade de **emendas ou derivações**, ou seja, não é permitido emenda ou derivação alojadas dentro de eletroduto;
- quando houver necessidade de segmentar um trecho, evitando extrapolar o limite de comprimento de um trecho contínuo (15 ou 30m);

- Todas as caixas devem ser devidamente fechadas, seja por espelhos cegos, seja por espelhos que complementem a instalação da caixa, com interruptores e tomadas, ou, ainda, com placas de fixação de equipamentos;

- Para os eletrodutos a serem embutidos em concreto, deve ser previsto o uso de vedações adequadas para evitar a entrada de argamassa. Ainda, os eletrodutos devem ser dispostos de forma a evitar deformação durante a concretagem;

- Deve ser realizado o corte perpendicular ao eixo do eletroduto, sendo necessária a retirada das rebarbas para evitar danos a isolação dos condutores;

- A fiação somente deve ser passada após o término dos serviços de construção suscetíveis a danificá-la. Sendo possível, para facilitar a enfição, o uso de guias de puxamento e/ou talco, parafina ou outro lubrificante não agressivo à isolação.

DIAGRAMA UNIFILAR

Relembrando que para o projeto didático desenvolvido na disciplina, tem-se a seguinte distribuição de circuitos:

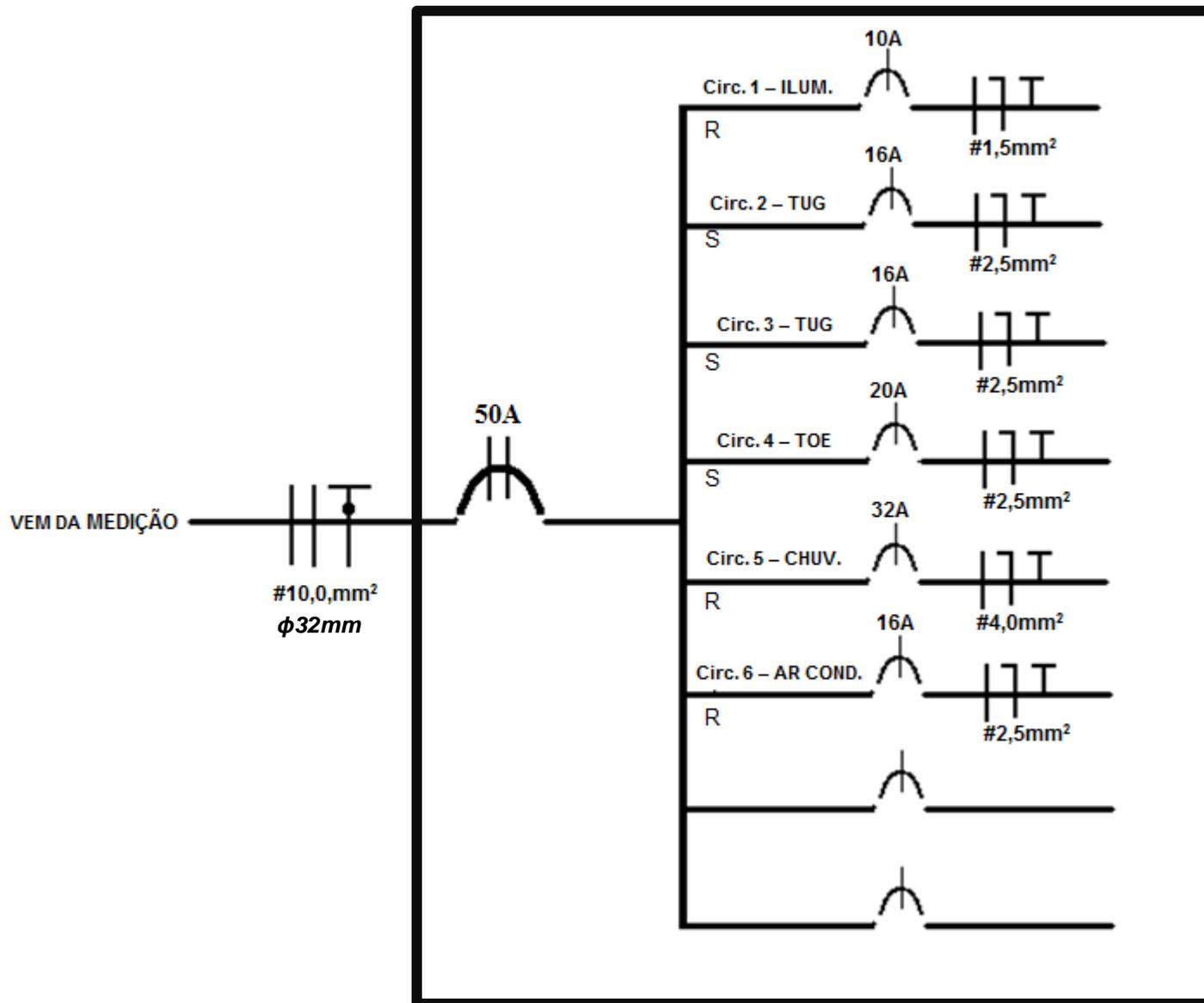
Circuito	Descrição	Potência (VA)
1	Iluminação Geral	760
2	TUG's da Cozinha + TUE Fogão	2.400
3	TUG's da Sala, Quarto e Banheiro	1.400
4	Torneira Elétrica (TOE)	4.000
5	Chuveiro	6.500
6	Ar Condicionado	1.200
7	RESERVA	
8	RESERVA	

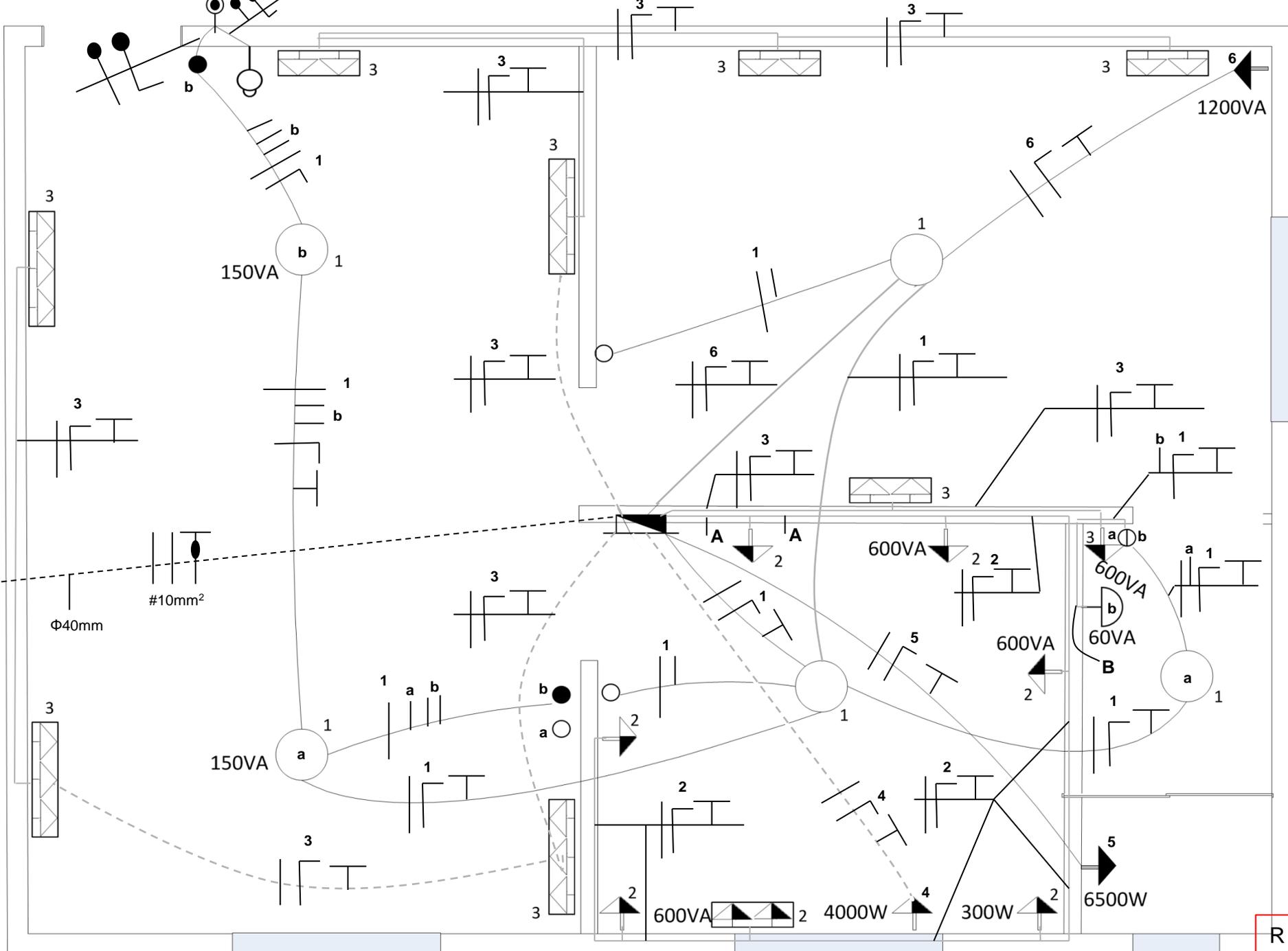
A potência instalada é de 16.200W, o que leva, através da concessionária, a dimensionar um sistema bifásico a três fios com a seguinte especificação:

- Disjuntor Geral: 50A
- Fiação: 3x10mm² (F,F,PEN)

Assim, pode-se elaborar o Diagrama Unifilar do projeto, conforme segue.

DIAGRAMA UNIFILAR





 Ponto de luz no teto

 Arandela na parede h=2,0m

 Interruptor Simples

 Interruptor paralelo

 Interruptor Simples 2 teclas

 Ponto de Tomada baixa com 2 Tomadas h=0,30m

 Ponto de Tomada baixa com 3 Tomadas h=0,30m

 Ponto de Tomada Média h=1,3m

 Ponto de Tomada Média com 2 Tomadas h=1,3m

 Ponto de Tomada Alta h=2,1m

 Interruptor de Campainha

 Campainha h=2,1m

 Eletroduto embutido na parede ou laje

 Eletroduto embutido no piso

 Condutores: Fase, Neutro Retorno, PE (T), PEN

 Quadro Geral Embutido na parede h=1,5m

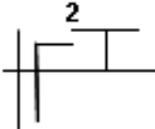
Notas:

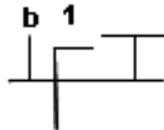
1 – Ponto sem potência indicada são de 100VA;

2 – Eletrodutos não indicados são de 20mm;

3 – A seção dos condutores dos circuitos segue a Tabela abaixo:

Circuito	Bitola (mm ²)
1	1,5
2	2,5
3	2,5
4	2,5
5	4,0
6	2,5

Trecho A: 

Trecho B: 

DOCUMENTAÇÃO DA INSTALAÇÃO

O item 6.1.8, da NBR5410/04, determina a documentação que uma instalação deve ter, em termos de projeto, visando a sua execução.

❖ Documentação Mínima:

- Plantas;
- Esquemas unifilares e outros (Prumadas), quando aplicável;
- Detalhes de montagem, quando necessários;
- Memorial descritivo (E.G.: vide livro Helio Creder, página 363, itens a) até e);
- Especificação de componentes;
- Parâmetros de projeto (corrente de curto-circuito, FP, queda de tensão, temp. ambiente, classe de tensão de isolamento..)

Após finalizada a instalação, a documentação deve ser revisada, buscando refletir “o que foi executado” ou “como construído (as built)”

- ❖ Locais onde não há equipe permanente de operação, supervisão e/ou manutenção, composto por pessoal advertido ou qualificado, então, deve-se entregar um manual do Usuário, com redação acessível a leigos, contendo, no mínimo:
 - *esquema(s) do(s) quadro(s) de distribuição com indicação dos circuitos e respectivas finalidades, incluindo relação dos pontos alimentados, no caso de circuitos terminais;*
 - *Potências máximas de cada circuito disponível, bem como, potência prevista para os circuitos reserva;*
 - *Recomendação explícita para que não sejam trocados os dispositivos de proteção especificados, por outros de características diferentes.*

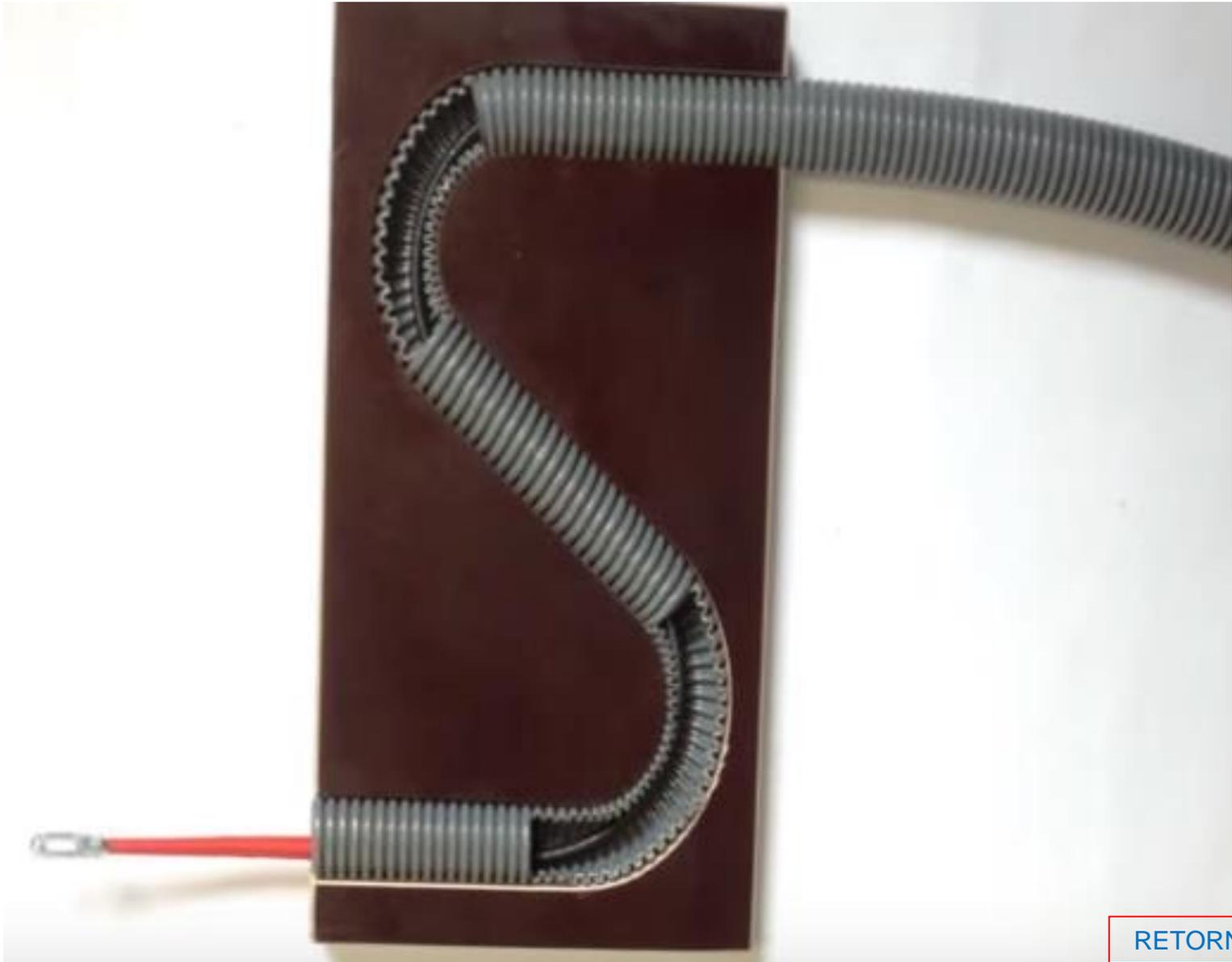
O item 6.5.4.10, da NBR5410/04, trata da advertência que os quadros de distribuição residenciais e análogos devem conter

ADVERTÊNCIA

1. Quando um disjuntor ou fusível atua, desligando algum circuito ou a instalação inteira, a causa pode ser uma sobrecarga ou um curto-circuito. Desligamentos freqüentes são sinal de sobrecarga. Por isso, NUNCA troque seus disjuntores ou fusíveis por outros de maior corrente (maior amperagem) simplesmente. Como regra, a troca de um disjuntor ou fusível por outro de maior corrente requer, antes, a troca dos fios e cabos elétricos, por outros de maior seção (bitola).
2. Da mesma forma, NUNCA desative ou remova a chave automática de proteção contra choques elétricos (*dispositivo DR*), mesmo em caso de desligamentos sem causa aparente. Se os desligamentos forem freqüentes e, principalmente, se as tentativas de religar a chave não tiverem êxito, isso significa, muito provavelmente, que a instalação elétrica apresenta anomalias internas, que só podem ser identificadas e corrigidas por profissionais qualificados. A DESATIVAÇÃO OU REMOÇÃO DA CHAVE SIGNIFICA A ELIMINAÇÃO DE MEDIDA PROTETORA CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS E RISCO DE VIDA PARA OS USUÁRIOS DA INSTALAÇÃO.

O item 6.5.4.11, da NBR5410/04, prescreve que a advertência exigida em 6.5.4.10 deve vir de fábrica ou ser inserida *in loco*, antes da entrega ao usuário, sendo que mesma não deve ser de fácil remoção.

FIM



[RETORNO](#)



[RETORNO](#)

Aplicações do Método Capacidade de Corrente

- Chuveiro de 4400W/220V instalação B1, cabo PVC

$$I_{B1} = \frac{4400}{220} = 20A$$

=> Consultando Tabela de Capacidade de Corrente:

Cabo #2,5mm² e I_Z = 24A
Para 2 condutores carregados

- Circuito de Iluminação de 1.800VA/220V instalação B1, cabo de PVC

$$I_{B2} = \frac{1800}{220} = 8,2A$$

=> Consultando Tabela de Capacidade de Corrente:

Cabo #0,5mm² e I_Z = 9A
Para 2 condutores carregados

Se for considerado uma situação em que os 2 circuitos estejam compartilhando um trecho de eletroduto, então se terá que levar em consideração que os cabos não poderão ser submetidos à sua capacidade nominal de corrente, para minimizar o aquecimento dos cabos. Assim, se terá que lançar mão do Fator de Correção por Agrupamento (FCA), conforme tabela 42 da NBR5410/04.

Portanto, em havendo agrupamento de circuitos, o Método de Capacidade de Corrente deve se iniciar pelo estudo de semelhanças dos cabos envolvidos, conforme segue:

O estudo de semelhança para os dois circuitos em questão, resume-se a determinar a bitola do cabo que se utilizaria caso o circuito não compartilhasse eletroduto, ou seja, seria conforme segue:

- Chuveiro de 4400W/220V instalação B1, cabo PVC

$$I_{B1} = \frac{4400}{220} = 20A$$

=> Consultando Tabela de Capacidade de Corrente:

Cabo #2,5mm² e I_z = 24A
Para 2 condutores carregados

- Circuito de Iluminação de 1.800VA/220V instalação B1, cabo de PVC

$$I_{B2} = \frac{1800}{220} = 8,2A$$

=> Consultando Tabela de Capacidade de Corrente:

Cabo #0,5mm² e I_z = 9A
Para 2 condutores carregados

Comparando as bitolas de cabos obtidas, verifica-se que os mesmos não são semelhantes, portanto, para dois circuitos n=2:

$$FCA = \frac{1}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707 = 0,71$$

A aplicação do FCA pode se dar de 2 maneiras. A primeira seria aplicá-lo à corrente de projeto I_B. A outra possibilidade seria aplicá-lo à corrente I_z. Se vai demonstrar os dois métodos, conforme segue:

1- Correção da Corrente de Projeto - I_B $I'_B = \frac{I_B}{FCA}$

Para o chuveiro: $I'_{B1} = \frac{20}{0,71} = 28,2A \Rightarrow$ Pela Tabela 42: *Cabo #4,0mm² e $I_z = 32A$*
Para 2 condutores carregados

Para Iluminação: $I'_{B2} = \frac{8,2}{0,71} = 11,6A \Rightarrow$ Pela Tabela 42: *Cabo #1,0mm² e $I_z = 14A$*
Para 2 condutores carregados

Esta metodologia de corrigir a corrente de projeto, não é a mais indicada, posto que não se consegue visualizar as restrições físicas que se impõe aos cabos, assim, passemos ao método de corrigir a corrente nominal do cabo.

2- Correção da Corrente Nominal - I_z $I'_z = I_z \times FCA$

Para este método se inicia corrigindo as bitolas obtidas no estudo de semelhança:

Para o chuveiro: *Cabo #2,5mm² e $I_z = 24A$* $I'_{z1} = 24 \times 0,71 = 17A$ **Não suporta a corrente de 20A**

Próximo cabo: *Cabo #4,0mm² e $I_z = 32A$* $I'_{z1} = 32 \times 0,71 = 22,7A$ **OK!! suporta a corrente de 20A**

Para Iluminação: *Cabo #0,5mm² e $I_z = 9A$* $I'_{z2} = 9 \times 0,71 = 6,4A$ **Não suporta a corrente de 8,2A**

Próximo cabo: *Cabo #0,75mm² e $I_z = 11A$* $I'_{z2} = 11 \times 0,71 = 7,8A$ **Não suporta a corrente de 8,2A**

Próximo cabo: *Cabo #1,0mm² e $I_z = 14A$* $I'_{z2} = 14 \times 0,71 = 9,9A$ **OK!! suporta a corrente de 8,2A**

Portanto, pelo método de capacidade de corrente se obtêm:

- Chuveiro de 4400W/220V instalação B1, cabo PVC *Cabo #4,0mm² e I'_z = 22,7A*
- Circuito de Iluminação de 1.800VA/220V instalação B1, cabo de PVC *Cabo 1,0mm² e I'_z = 9,9A*

Há mais um fator a ser considerado na análise para determinar a fiação pelo Método da Capacidade de Corrente que é a temperatura ambiente/sole a ser considerada. Para tanto, a norma apresenta a Tabela 40 com os Fatores de Correção por Temperatura (FCT).

Assim, se tem:
$$I'_B = \frac{I_B}{FCA \times FCT} \quad I'_Z = I_Z \times FCA \times FCT$$

Para os projetos se utilizará FCT=1

Critério da Bitola Mínima (BM)

Este critério é determinado pela norma que prevê como bitolas mínimas:

Circuitos de Iluminação: #1,5mm² Circuitos de Força (TUG/TUE): #2,5mm²

Assim, se compararmos as bitolas obtidas pela capacidade de corrente com as bitolas mínimas exigidas pela norma, se tem:

Para o chuveiro: ***Cabo #4,0mm² e I'_z = 22,7A***

Para Iluminação: *Cabo #1,5mm²* **Consultando a Tabela 42 da norma:** *Cabo 1,5mm² e I_z = 17,5A*

Todavia, devido ao FCA, então, há necessidade de corrigir a corrente do cabo:

Cabo #1,5mm² e I_z = 17,5A $I'_{z2} = 17,5 \times 0,71 = 12,4A$ ***Cabo #1,5mm² e I'_z = 12,4A***

Para o chuveiro de 4400W, vamos analisar 3 situações:

- Situação 1 => $d=10m$ $QT = 4400 \times 10 = 44.000Wm$ Consultando a Tabela do slide 18:

Cabo #2,5mm² com QTmax = 70.180Wm

- Situação 2 => $d=20m$ $QT = 4400 \times 20 = 88.000Wm$ Consultando a Tabela do slide 18:

Cabo #4,0mm² com QTmax = 112.288Wm

- Situação 3 => $d=30m$ $QT = 4400 \times 30 = 132.000Wm$ Consultando a Tabela do slide 18:

Cabo #6,0mm² com QTmax = 168.432Wm

Se recordarmos que para este chuveiro se obteve:

Capacidade de Corrente: **Cabo #4,0mm² e $I'_z = 22,7A$**

Bitola Mínima: **Cabo #2,5mm²**

Comparando os 3 critérios em cada uma das situações de queda de tensão, se teria:

- Situação 1 => Prevalece a bitola obtida pela **capacidade de corrente** **Cabo 4,0mm² e $I'_z = 22,7A$**

- Situação 2 => a bitola obtida pela **queda de tensão** e **capacidade de corrente** se equivalem. **Cabo 4,0mm² e $I'_z = 22,7A$**

- Situação 3 => Prevalece a bitola obtida pela **queda de tensão** **Cabo 6,0mm² e $I'_z = 29,1A$**

Especificação de Disjuntor

Para o chuveiro de 4400W, vamos analisar 2 situações:

- Situação 1 => FCA=1 $I_{B1} = 20A$ e Cabo #2,5mm² e $I_Z = 24A$

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \qquad I_2 \leq 1,45I_Z \qquad I_2 = 1,45I_N$$

$$20 \leq I_N \leq 24 \qquad 1,45xI_N \leq 1,45I_Z \Rightarrow I_N \leq I_Z$$

$$20 \leq 20 \leq 24$$

Disjuntor 20A/Curva B

Disjuntor (A)

10

16

20

25

32

40

50

63

- Situação 2 => FCA=0,71 $I_{B1} = 20A$ e Cabo #4,0mm² e $I'_Z = 22,7A$

$$I_B \leq I_N \leq I'_Z \qquad I_2 \leq 1,45I_Z \qquad I_2 = 1,45I_N$$

$$20 \leq I_N \leq 22,7 \qquad 1,45xI_N \leq 1,45I'_Z \Rightarrow I_N \leq I'_Z$$

$$20 \leq 20 \leq 22,7$$

Disjuntor 20A/Curva B

Para um chuveiro de 6400W/220V e FCA=0,71, sem tem:

$$I_{B1} = \frac{6400}{220} = 29,1A \quad \boxed{\text{Cabo \#6, 0mm}^2 \text{ e } I_z = 41,0A} \quad I'_z = 41 \times 0,71 = 29,1A$$

$29,1 \leq I_N \leq 29,1$ Não há disjuntor disponível, então, deve-se alterar a fiação para 10mm² com $I_z=57A$. Portanto se está aplicando o 4º critério de dimensionamento de fiação – Sobrecorrente.

$$I'_z = 57 \times 0,71 = 40,5A \quad 29,1 \leq I_N \leq 40,5A$$

Pode ser utilizado disjuntor de 32A ou 40A. Se dá prioridade para o de maior valor, para que se dê maior flexibilidade de utilização da fiação.

Disjuntor 40A/Curva B

Disjuntor (A)
10
16
20
25
32
40
50
63

RETORNO