

CURSO TÉCNICO
em
ELETROTÉCNICA

MÓDULO 1

LIVRO 5

INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS PREDIAIS

Teoria & Prática

Parte 2

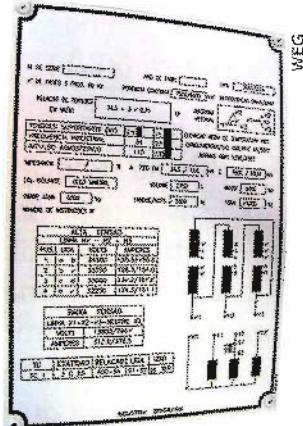
Severino Cervelin
Geraldo Cavalin



BASE
DIDÁTICOS

Placas de motores e transformadores

Todo equipamento ou dispositivo elétrico deve ser identificado por uma placa ou etiqueta no qual são discriminados suas principais características. Ao lado vemos uma placa de motor e de um transformador.



Placas de um motor e de um transformador.

Alerta

A legislação determina que o fator de potência deve ser o mais próximo possível de 1,00 (um) e estabelece que as concessionárias cobrem, com preços de energia ativa, o excedente de energia reativa que ocorrer quando o fator de potência da instalação consumidora for inferior a 0,92.

Fator de potência

Observando o triângulo de potências verificamos que o ângulo formado pelos vetores correspondente a potência ativa (W) e a potência aparente (VA) é chamado de ângulo φ (φ). O co-seno desse ângulo φ (φ) é o que chamamos de fator de potência.

O fator de potência é um índice que mostra a forma como a energia elétrica recebida está sendo utilizada. Ou seja, indica quanto a energia solicitada (aparente) está realmente sendo usada de forma útil (energia ativa). O cosfímetro é o instrumento para medir o fator de potência.

O fator de potência é determinado pela aplicação da seguinte expressão:

$$\cos \varphi = FP = \frac{P(W)}{S(VA)}$$

O fator de potência pode se apresentar de duas formas:

Circuitos puramente resisitivos.	- lâmpadas incandescentes - chuveiros - aquecedores, etc.	$FP = \cos \varphi = 1,0$
Circuitos indutivos.	- motores - transformadores - reatores, etc.	$FP = \cos \varphi < 1,0$

oficina teórica

- 1.** O que é corrente elétrica?

- 2.** Quais são os instrumentos usados para a medição das grandezas elétricas: Corrente elétrica, tensão elétrica, resistência elétrica e potência elétrica?

- 3.** Um circuito de iluminação tem uma potência de 1270W e está ligado a uma fonte de tensão de 127V. Qual a corrente elétrica do circuito?

- 4.** A demanda de uma instalação elétrica residencial é 18.450VA. Sabendo-se que a instalação é alimentada por uma rede trifásica 220V e o fator de potência é igual a 1. Qual a corrente elétrica da instalação?

- 5.** O que é potência ativa?

- 6.** Sendo a potência ativa 12kW e a potência reativa 9,5kvar, qual o valor da potência aparente?

- 7.** O que é fator de potência?

- 8.** Qual o valor do fator de potência mínima exigida por lei?

- 9.** Qual o valor do fator de potência correspondente ao exercício 6?



aplicando conhecimento

Fornecimento de energia elétrica e especificação da entrada de energia

Para atender as necessidades do consumidor, o fornecimento de energia elétrica é determinado pelas limitações estabelecidas pelas concessionárias em função da potência (carga) instalada ou potência de demanda e tipo de fornecimento ou categoria de atendimento.

O tipo de fornecimento é determinado pelas características do consumidor, adequando-o às suas necessidades, cuja finalidade é a especificação da entrada de energia (entrada de serviço).

Entende-se como entrada de energia o conjunto de condutores, equipamentos e acessórios situados entre o ponto de derivação da rede secundária e a medição, inclusive.

Os objetivos da especificação da entrada de energia são:

- determinar o tipo de fornecimento;
- dimensionar os equipamentos de medição e proteção;
- efetuar estimativa de carga e demanda declarada;
- efetuar estimativa de fator de potência. (No caso de residências e apartamentos individuais, considera-se $FP=1,00$).

Procedimentos para especificação da entrada de energia

Para enquadrar a categoria adequada ou tipo de fornecimento, obedecer ao seguinte roteiro:

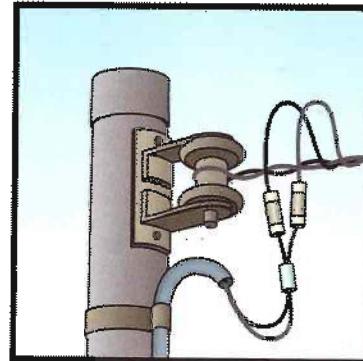
- determinar a carga instalada (previsão de cargas), conforme NBR 5410:2004, e a demanda do consumidor, em kVA;
- verificar o número de fases das cargas do consumidor, a potência dos motores, FN, 2F, 3F, em cv, e a potência dos aparelhos de solda e raio X, em kVA;
- enquadrar o consumidor na categoria adequada consultando a norma da concessionária local.



Tipo de fornecimento e tensão

Nas áreas de concessão da COPEL, observe a demanda máxima prevista para classificar o tipo de fornecimento:

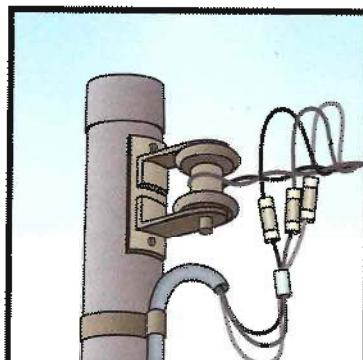
Até 9kVA ou 9kW, o fornecimento é monofásico.



Fonte: CESP/Pirelli

- Dois condutores: uma fase e neutro.
- Tensão: 127V.

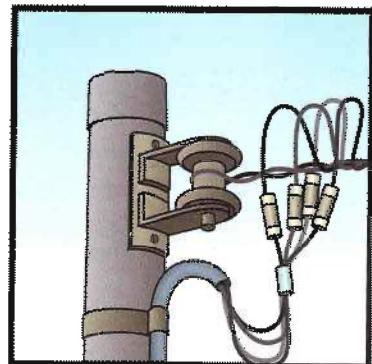
Já quando for acima 9kVA até 15kVA, o fornecimento é bifásico.



Fonte: CESP/Pirelli

- Três condutores: duas fases e neutro.
- Tensão: 220/127V.
- Tensão: 127/254V (eletrificação rural)

Acima 15kVA até 76kVA, o fornecimento é trifásico, em baixa tensão.



Fonte: CESP/Pirelli

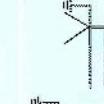
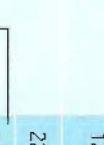
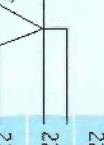
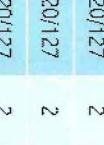
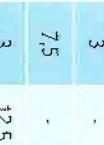
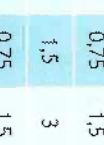
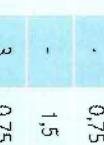
- Quatro condutores: três fases e neutro.
- Tensão: 220/127V.

Tipos de fornecimento de energia elétrica.

O limite de fornecimento para atendimento em rede aérea é de 75kW, ou 76kVA. O atendimento a demandas superior a 75kW será objeto de estudo por parte da Copel.

Consulte a norma da concessionária da sua região para saber com precisão o tipo e o limite de fornecimento e os valores de tensão. Podem ocorrer variações.



CATEGORIA NTC	DEMANDA MÁXIMA (kVA)	CARTEIRA DISJUNTOR (A)	FSES	ELOS	LIGAÇÃO	TENSÃO (V)	CARACTERÍSTICAS DO ATENDIMENTO			LIMITAÇÕES			KVA DO MAIOR APARELHO DE SOLDA			KVA DO MAIOR APARELHO DE RX							
							MONOF.	TRIF.	MONOF.	TRIF.	MONOF.	TRIF.	MONOF.	TRIF.	MONOF.	TRIF.	MONOF.	TRIF.					
12	9-30XXX	6	6	50	1	2		127	2	-	-	0,75	-	-	0,75	-	-	0,75	-	-			
14	-	9	9	70	1	2		127	2	-	-	1,5	-	-	1,5	-	-	3	-	-			
19	NOTA2 10(5)	NOTA2 10(5)	40	1	3		127/254	2	NOTAS 6 3	-	0,75	1,5	-	0,75	1,5	-	0,75	1,5	-	1,5	-		
22	9-47XXX	NOTA2 15(10)	-	70	1	3		127/254	2	NOTAS 6 7,5	-	1,5	3	-	1,5	3	-	3	5	-	5	-	
NOTA1	9-48XXX	NOTA2 22(15)	-	100	1	3		127/254	3	NOTAS 6 10	-	3	7,5	-	3	7,5	-	6,5	10	-	10	-	
25	28	9-35XXX	11	-	50	2	3		220/127	2	3	-	0,75	1,5	-	0,75	1,5	-	0,75	1,5	-	1,5	-
30	36	9-36XXX	15	-	70	2	3		220/127	2	7,5	-	1,5	3	-	1,5	3	-	3	5	-	5	-
38	38	9-41XXX	26	-	70	3	4		220/127	2	7,5	20	3	5	12	3	5	12	3	5	12	3	5
41	41	9-42XXX	38	-	100	3	4		220/127	3	10	25	6,5	12	12	6,5	12	12	6,5	10	20	10	20
42	43	9-43XXX	48	-	125	3	4		220/127	7,5	12,5	30	6,5	12	12	6,5	12	12	6,5	10	20	10	20
45	45	9-44XXX	76	-	200	3	4		220/127	7,5	12,5	50	6,5	12	21	6,5	12	12	6,5	20	50	20	50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	20	21	

Limitações da categoria de atendimento

- Limites de fornecimento



	DIMENSIONAMENTO																			
	CONDUTORES		RAMAL DE ENTRADA		ELETRODUTO DO RAMAL DE ENTRADA		MEDIDA		CAIXAS Padrão		MEDIDORES									
	RAMAL DE LIGAÇÃO	RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO OU SUBTERRÂNEO	A TERRAMENTO	Ø normativa	Ø PVC	Ø CARBONO mmfimo	TC xx-5A	RELAÇÃO DE FIOS	TRANSFORMADOR (TC)	DISJUNTOR	CORRENTE NOMINAL MAXIMA (A)	NÚMERO DE ELEMENTOS FIOS	NÚMERO DE ELEMENTOS FIOS	NÚMERO DE ELEMENTOS FIOS						
12	6	6	50	10	16	6	10	10	x	-	AN	-	2	1						
14	9	9	70	10	16	4	16	4	25	21	x	-	AN	-						
19	NOTA2	NOTA2	40	10	16	6	10	10	8	25	21	x	-	AN	-					
22	NOTA2	NOTA2	15(10)	70	10	16	4	16	4	32	25	x	-	AN	-					
25	NOTA2	NOTA2	22(5)	-	100	16	25	2	25	#6	4	40	33	x	-					
28	11.	-	50	10	16	6	10	10	8	25	21	x	-	CN	-					
30	15	-	70	10	16	4	25	16	4	40	33	x	-	CN	-					
36	19	-	50	10	16	6	10	10	8	25	21	x	NOTAS	-	CN	-				
38	26	-	70	10	16	4	25	16	4	40	33	x	NOTAS	-	CN	-				
41	38	-	100	16	25	2	35(25)	16	4	40	33	x	NOTAS	-	CN	-				
42	48	-	125	25	35	2	50(25)	25	2	60	50	x	NOTAS	100	NOTA 8 EN	NOTAS 8 DN				
43	57	-	150	35	50	1/0	70(35)	35	1/0	60	50	x	NOTAS	100	NOTA 8 EN	NOTAS 8 DN				
45	76	-	200	50	70	2/0	95(50)	50	1/0	75	62	x	NOTAS	200	NOTA 8 FN	NOTA 8 DN				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Fonte: Copel

dimensionamento da entrada de energia

→ Notas


alerta

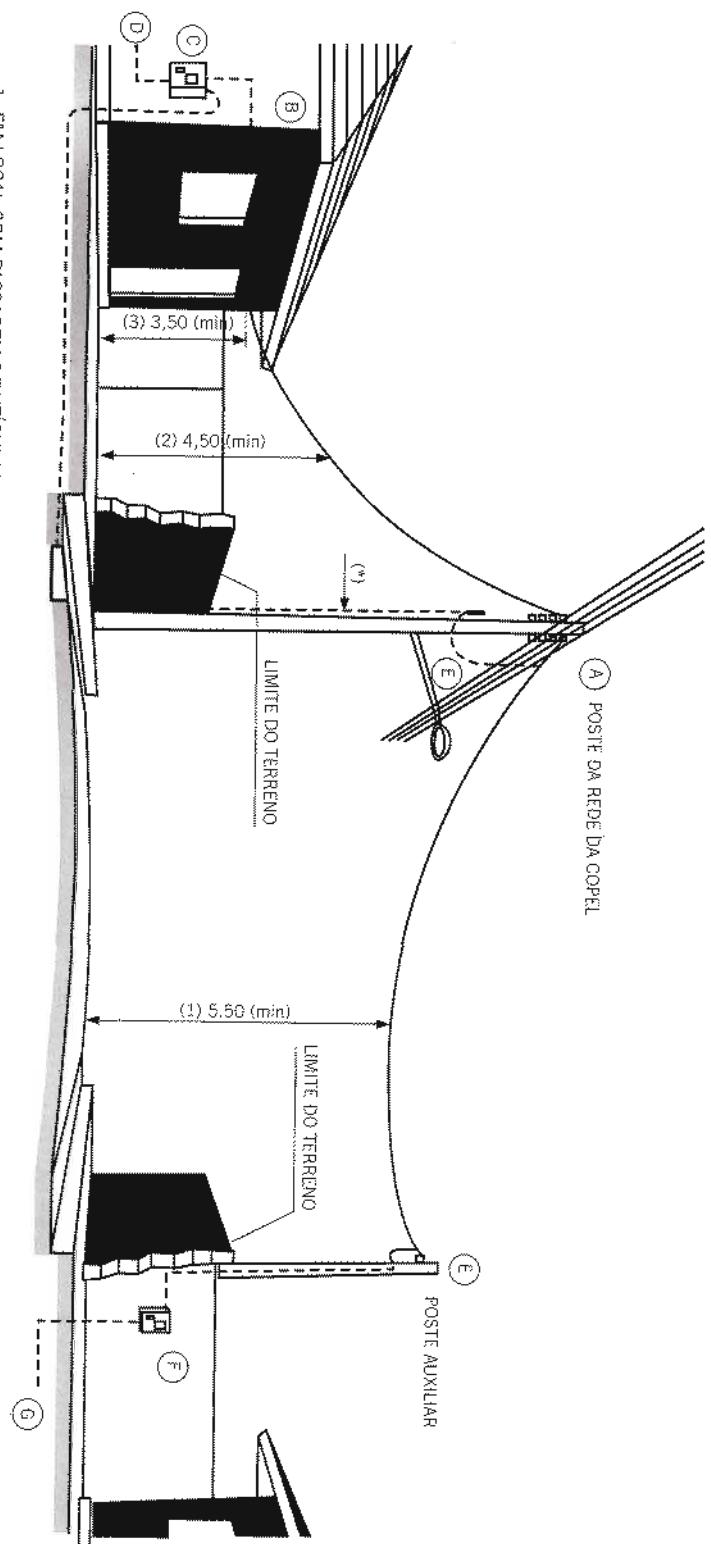
Os detalhes (Esquemas e desenhos de padrão construtivo) das entradas de energia, bem como as respectivas relações de materiais, tanto para consumidores individuais como para edifícios de uso coletivo, deve ser consultada a norma da Concessionária de cada região. Os exemplos apresentados a seguir são da Concessionária de Energia Elétrica – COPEL (Companhia Paranaense de Energia Elétrica).

1. A categoria 25 é aplicável somente em atendimentos por meio de rede de distribuição primária não-trifásica, a partir de transformador exclusivo.
2. Os valores entre parênteses indicados para as categorias 19, 22 e 25 são aplicáveis a programas específicos de eletrificação rural, desenvolvidos pela Copel.
3. Para motores monofásicos, devem ser utilizados os dispositivos indicados em seguida:
 - Motores até 5cv (inclusive) - partida direta;
 - Motores com potência acima de 5cv - chave compensadora ou série-paralelo.
4. Para motores trifásicos com motor em curto - circuito e síncronos:
 - Até 5cv (inclusive) - partida direta;
 - Maior que 15cv - chave estrela-triângulo ou compensadora com redução da tensão de partida para, pelo menos 65% da tensão nominal;
 - Superior a 15cv - chave estrela-triângulo ou compensadora com redução da tensão de partida para, pelo menos, 65% da tensão nominal, de preferência automática.
5. Nas categorias com ligação de 127/254V, não é recomendável a utilização, na tensão de 254V, de lâmpadas sem reatores e de aparelhos eletrodomésticos.
6. Nas categorias com ligação de 127/254V, devem ser utilizados, na tensão 254V, motores com tensão nominal de 254V.
7. Os condutores do ramal de entrada foram dimensionados considerando fios de cabos com isolamento de PVC, à temperatura ambiente de 30°C.
8. Será permitida a utilização de disjuntor termomagnético (limitador de fornecimento) de menor corrente nominal, a critério dos interessados ou por exigência da Copel.
9. Atendimento sujeito à medição transitória de energia reativa (controle de fator de potência).
10. No dimensionamento dos ramais de entrada, as bitolas nos condutores indicados entre parênteses referem-se ao condutor neutro.
11. As dimensões estabelecidas na tabela para condutores e eletrodutos são mínimas. Podem ser adotadas bitolas maiores caso as condições da instalação assim o exigirem.
12. Aplicável somente às instalações existentes.
13. Os medidores com correntes nominal/máxima 30/200A são aplicáveis às categorias 42, 43 e 45 para os casos de medição direta.



- (A) RAMAL DE LIGAÇÃO
- (B) PONTO DE ENTREGA
- (C) RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO
- (D) RAMAL ALIMENTADOR EMBUTIDO
- (E) ENTRADA DE SERVIÇO

1. EM LOCAL COM PASSAGEM DE VEÍCULOS PESADOS - 5,50m (mínimo)
2. EM LOCAL COM PASSAGEM DE VÉHICULOS (ENTRADAS PARTICULARES) - 4,50m (mínimo)
3. EM LOCAL COM PASSAGEM DE PEDESTRES - 3,50m (mínimo)



Componentes da entrada de energia

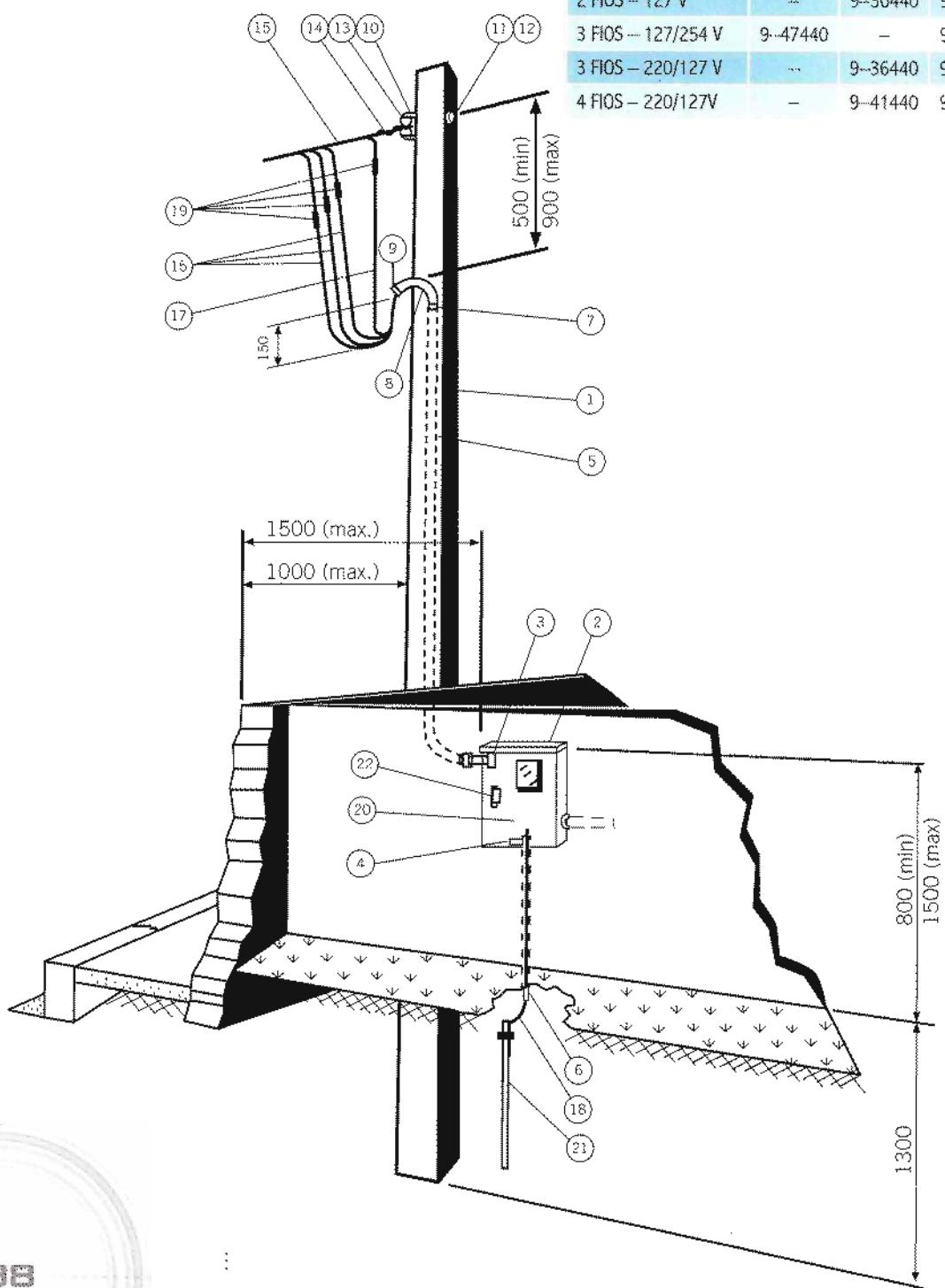
Alturas mínimas

Medição em muro – saída embutida

CÓDIGO

Tipo de atendimento	Corrente				Fonte: Cepel
	40 A	50 A	70 A	100 A	
2 FIOS - 127 V	—	9-30440	9-30440	—	
3 FIOS - 127/254 V	9-47440	—	9-47440	9-48440	
3 FIOS - 220/127 V	...	9-36440	9-28440	—	
4 FIOS - 220/127V	—	9-41440	9-41440	9-42440	

Fonte: Cepel





MEDIÇÃO EM MURO - SAÍDA EMBUTIDA RELAÇÃO DE MATERIAIS

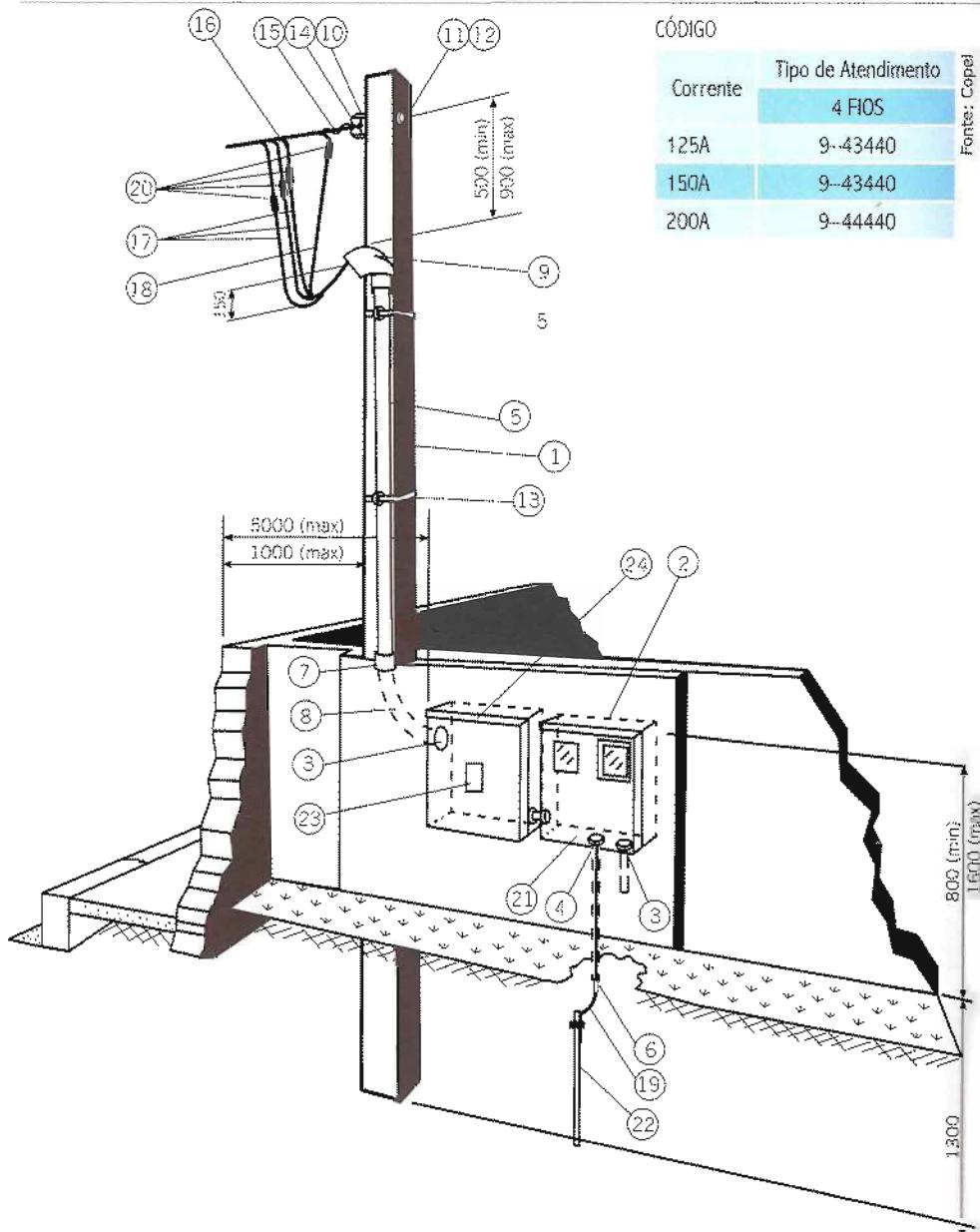
POS.	NTC	QUANT.	UNID	DENOMINAÇÃO
1	-	1	pç	Poste de concreto armado.
2	-	1	pç	Caixa para medidor em função da categoria de atendimento.
3	-	2	cj	Bucha e contra-bucha para eletroduto.
4	-	1	cj	Bucha e contra-bucha para eletroduto de diâmetro interno mínimo 16mm.
5	-	v	m	Eletroduto de diâmetro em função da demanda da entrada de serviço. Nota 3.
6	-	v	m	Eletroduto de PVC rígido de diâmetro mínimo 16mm.
7	-	1	pç	Luva de emenda para eletroduto.
8	-	1	pç	Curva de 135° para eletroduto.
9	-	1	pç	Bucha ou outro dispositivo adequado.
10	811584	1	pç	Armação secundária de 1 estribo. Ver notas 1 e 4.
11	-	1	pç	Parafuso de aço galvanizado de diâmetro 16mm com cabeça quadrada e porca quadrada.
12	812000	1	pç	Arruela quadrada de aço galvanizado. Nota 4.
13	811565	1	pç	Isolador roldana. Nota 1.
14	-	1	pç	Alça pré-formada de serviço. Nota 5.
15	-	v	m	Condutor tipo multiplexado, isolamento 600V, bitola em função da demanda da entrada de serviço. Nota 3.
16	-	v	m	Condutor de cobre isolado de bitola em função da demanda da entrada de serviço. Nota 3.
17	-	v	m	Condutor de cobre isolado de bitola em função da demanda da entrada de serviço. Nota 3.
18	-	v	m	Condutor de aterramento de bitola em função da demanda da entrada de serviço. Nota 3.
19	-	v	pç	Conexão conforme Figura do Item 4.2.m
20	-	01	pç	Conector tipo parafuso, de cobre, bitola em função do condutor de aterramento. Nota 2.
21	-	01	cj	Aterramento conforme Figura do Item 4.13.9
22	-	01	pç	Disjuntor termomagnético com corrente nominal em função da categoria de atendimento. Nota 3.



→ Notas

1. Em substituição aos materiais posições 10 e 13, poderá ser utilizada porca-olhal NTC 812020.
2. O material posição 20 é aplicável nos atendimentos a partir de 70A, inclusive.
3. Ver tabela Dimensionamento da Entrada de Serviço (COPEL).
4. No litoral poderá ser utilizado para as posições 10 e 12 os materiais NTC 811589 e 812003.
5. Ver tabela "B" do item 4.2.m".

Medição em muro – saída embutida





MEDIÇÃO EM MURO - SAÍDA EMBUTIDA

RELAÇÃO DE MATERIAIS

POS.	NTC	QUANT.	UNID	DENOMINAÇÃO
1	-	1	pç	Poste de concreto armado.
2	-	1	pç	Caixa para medidor em função da categoria de atendimento.
3	-	4	cj	Bucha e contra-bucha para eletroduto.
4	-	1	cj	Bucha e contra-bucha para eletroduto de diâmetro interno mínimo 16mm.
5	-	v	m	Eletroduto de diâmetro em função da demanda da entrada de serviço. Nota 3
6	-	v	m	Eletroduto de PVC rígido de diâmetro mínimo 16mm.
7	-	1	pç	Luva de emenda para eletroduto.
8	-	1	pç	Curva longa de 90º para eletroduto.
9	-	1	pç	Cabeçote de alumínio.
10	811584	1	pç	Armação secundária de 1 estribo. Ver notas 1 e 4
11	-	1	pç	Parafuso de aço galvanizado de diâmetro 16mm com cabeça quadrada e porca quadrada.
12	812000	1	pç	Arruela quadrada de aço galvanizado. Nota 4
13	813510	v	m	Fita de aço inoxidável, largura 6mm e fecho.
14	811565	1	pç	Isolador roldana. Nota 1
15	-	1	pç	Alça pré-formada de serviço. Nota 5
16	-	v	m	Condutor tipo multiplexado, isolamento 600V, bitola em função da demanda da entrada de serviço. Nota 3
17	-	v	m	Condutor de cobre isolado de bitola em função da demanda da entrada de serviço. Nota 3
18	-	v	m	Condutor de cobre isolado de bitola em função da demanda da entrada de serviço. Nota 3
19	-	v	m	Condutor de aterramento de bitola em função da demanda da entrada de serviço. Nota 3
20	-	v	pç	Conexão conforme Figura do Item 4.2.m
21	-	1	pç	Conector tipo parafuso, de cobre, bitola em função do condutor de aterramento. Nota 6
22	-	1	pç	Aterramento conforme Figura do Item 4.13.9
23	-	1	pç	Disjuntor termomagnético com corrente nominal em função da categoria de atendimento. Nota 3
24	-	1	pç	Caixa para disjuntor em função da categoria de atendimento.

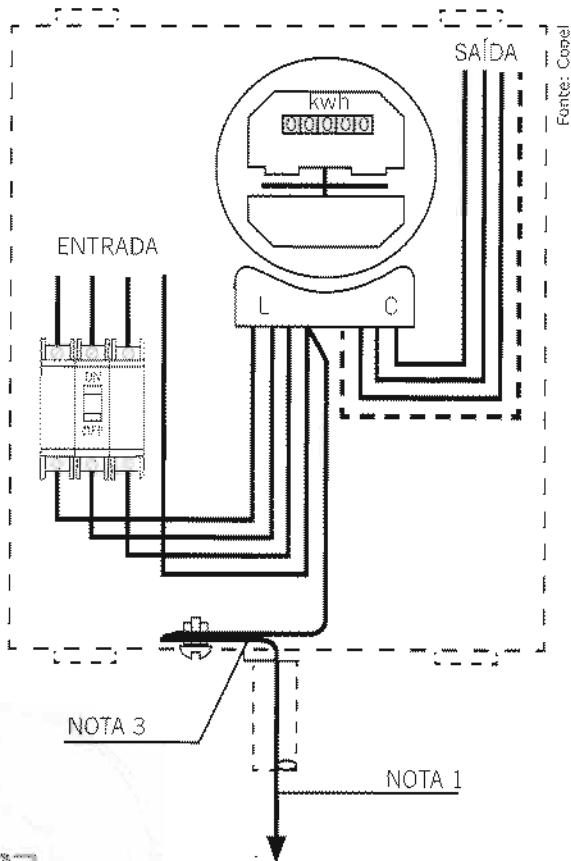


→ Notas

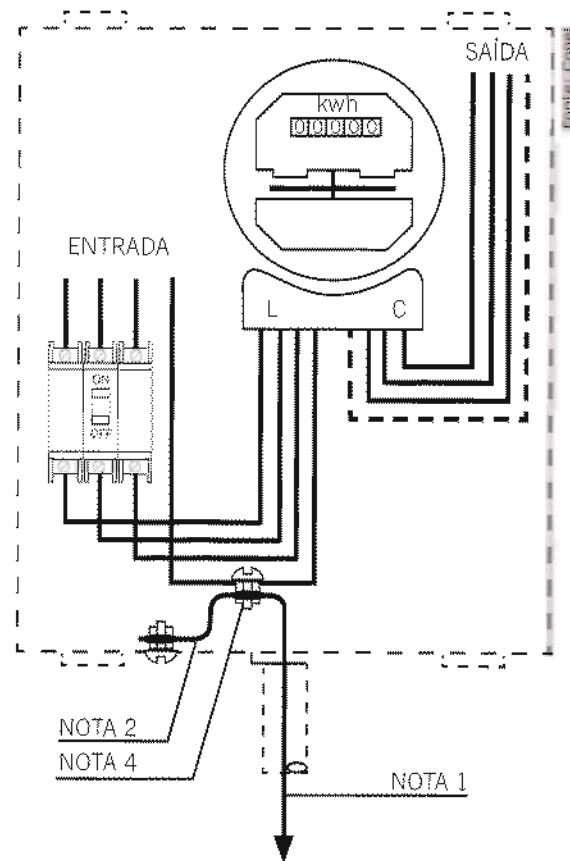
1. Em substituição aos materiais posições 10 e 14, poderá ser utilizada porca-olhal NTC 812020.
2. O disjuntor termomagnético para aplicação neste padrão deverá possuir dimensões compatíveis com o suporte de fixação da caixa.
3. Ver tabela Dimensionamento da Entrada de Serviço (COPEL).
4. No litoral poderá ser usado para as posições 10 e 12 os materiais NTC 811589 e 812003.
5. Ver tabela "B" do item 4.2.m – "NTC dos materiais utilizados para ramal de ligação multiplexado de alumínio (AWG)".
6. O material posição 21 é aplicável nos atendimentos a partir de 70A, inclusive.

Esquema de ligação

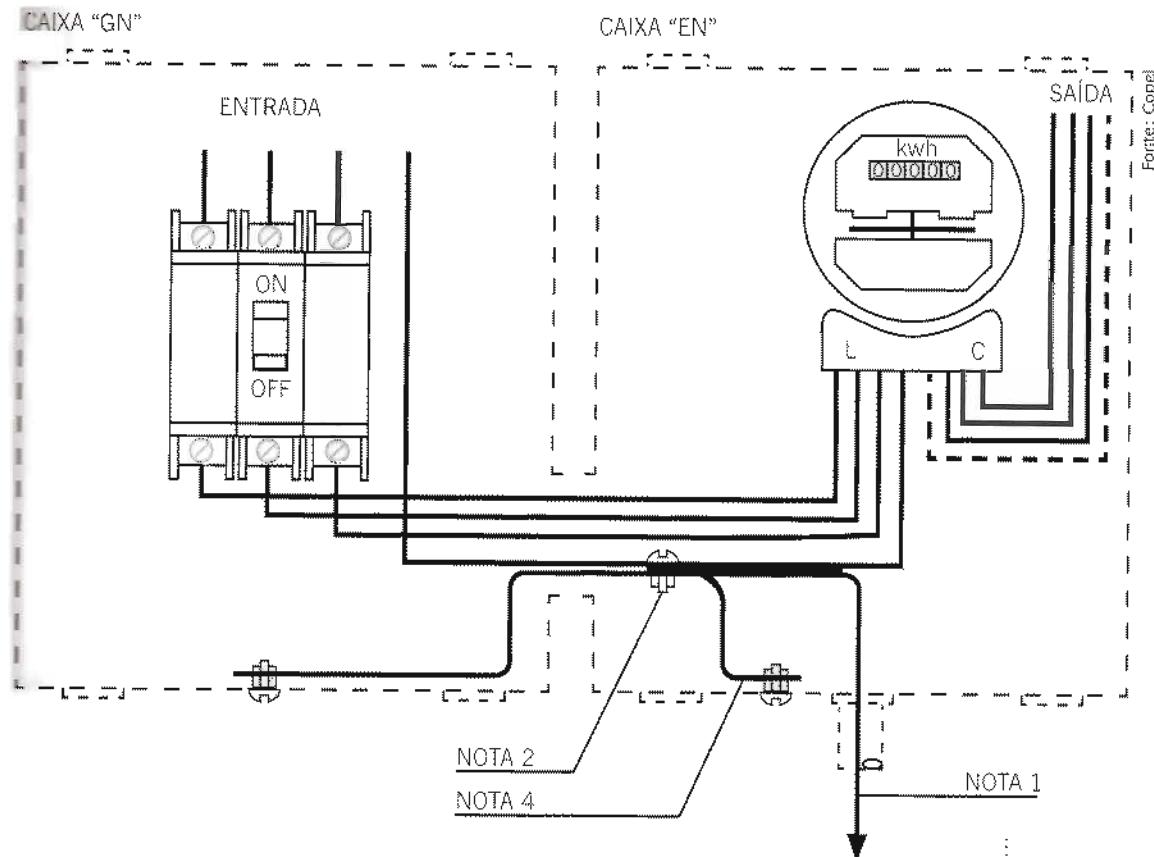
4 FIOS – 220/127V – 50A



4 FIOS – 220/127V – 50A, 70A E 100A



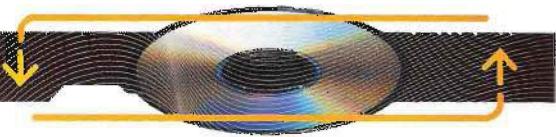
4 FIOS – 220/127V – MEDAÇÃO DIRETA – 125A, 150A e 200A



→ Notas

1. Condutor de aterramento, conforme página 285-Dimensionamento da entrada de energia.
2. A conexão do condutor neutro com o de aterramento deverá ser feita com conector tipo parafuso.
3. "Quando o condutor de aterramento for de cobre, de bitola até 10mm², o aterramento do neutro e da caixa do medidor poderá ser feito através deste mesmo condutor".
4. Condutor 10mm². "Quando o condutor de aterramento for de cobre, de bitola superior a 10mm², ou de aço-cobre, a sua conexão com o condutor neutro deverá ser feita através de conector do tipo parafuso e a sua ligação à caixa do medidor deverá ser feita com condutor de cobre de bitola 10mm²".



interatividade

Efetue a seguinte pesquisa com relação ao fator de potência, limite de fornecimento e entrada de energia da sua região.

1. Quais são os direitos e deveres dos consumidores de energia elétrica?
2. Quais são as principais causas do baixo fator de potência?
3. Como melhorar o fator de potência?
4. O que é ramal de entrada?
5. Qual é o limite máximo em kVA, que a rede aérea de distribuição atende em BT?
6. Qual o valor máximo da resistência de aterramento admitido em ES (entrada de serviço) em BT?
7. Qual a melhor localização para uma ES (entrada de serviço)? Em quais locais não deve ser instalada?
8. Quais são as características do ramal de ligação, do ramal de entrada embutido, do ramal subterrâneo e do ramal alimentador?

aplicando conhecimento

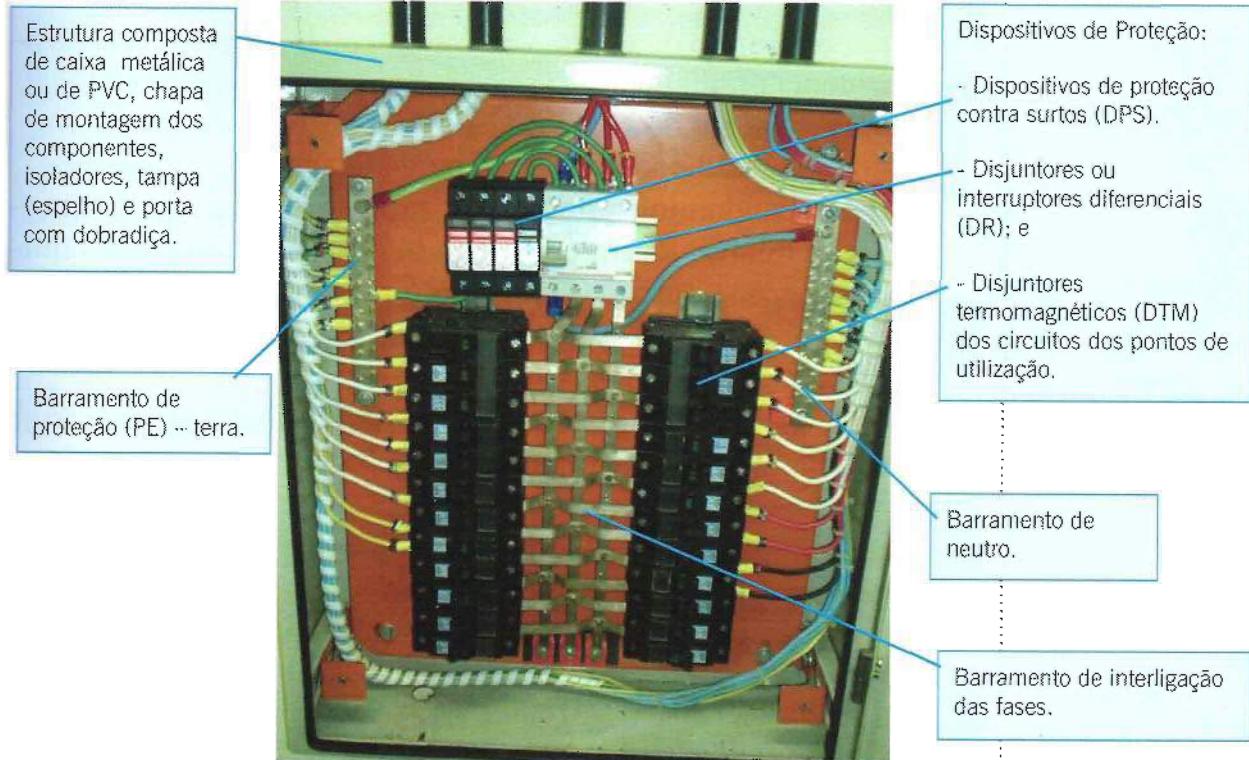
Quadro de distribuição

O quadro de distribuição é o centro de distribuição de toda a instalação elétrica, ou seja, é o local onde se instalam os dispositivos de proteção, manobra e comando.

Recebe os condutores que vem do medidor (ramal alimentador). Também dele partem os condutores dos circuitos terminais (pontos de utilização), cuja finalidade é proporcionar as condições ideais de funcionamento das cargas, tais como: iluminação, tomadas, chuveiros, torneira elétrica, aparelho de ar-condicionado, etc.

Constituição do quadro de distribuição

O quadro de distribuição é constituído de diversos elementos:



Quadro de distribuição.

Localização do quadro de distribuição

O quadro de distribuição (QD) deve ser instalado, observando-se os seguintes critérios:

- Em locais de fácil acesso de tal forma que possibilite a maior funcionalidade possível da instalação e, ainda, ser provido de identificação do lado externo, legível e não facilmente removível.
- “Proximidade geométrica das cargas”, possibilitando uma simetria entre as cargas da instalação.
- “Os quadros de distribuição – QDs devem estar próximos aos centros de carga da instalação”; (centro de carga é definido como o ponto ou região onde se verifica a maior concentração de potência).
- A instalação do quadro deve ser feita em locais seguros, não permitindo o acesso de terceiros. Cuidar para que eles não sejam submetidos a choques mecânicos.



O QD não deve ser instalado em locais onde existe a possibilidade de, por determinados períodos, ficarem fechados com chave ou, de alguma forma, não seja possível o acesso, como, por exemplo: quartos, sótãos, depósitos, porões e banheiros.



Quantidade de QDs

A quantidade dos quadros parciais devem ser definidas em função dos seguintes critérios:

- Do número de centros de carga, como por exemplo: Residência unifamiliar: Térrea, sobrado, triplex, etc.
- Do aspecto econômico.
- Da versatilidade desejada na instalação.
- Em condomínios deverá ter tantos quadros de distribuição quanto forem o sistema de utilização do prédio (iluminação e tomadas, elevadores, bombas, etc.)

→ Observação

A NBR 5410:2004 determina que deve ser afixado na parte interna da tampa do QD a seguinte advertência:

- "Quando um disjuntor ou fusível atua, desligando algum circuito ou a instalação interna, a causa pode ser uma sobrecarga ou curto-círcuito. Desligamentos freqüentes são sinais de sobrecarga. Por isso, nunca troque seus disjuntores ou fusíveis por outros de maior corrente, 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)."
- 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, 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."

Espaço de reserva

Nos quadros de distribuição deve ser previsto espaço de reserva para ampliações futuras com base no número de circuitos com que o quadro for efetivamente equipado, conforme tabela a seguir.

Quantidade de circuitos efetivamente disponível N.	Espaço mínimo destinado à reserva (em número de circuitos).
Até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N > 30	0,15N

Nota: a capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição.

Quadro de distribuição – Espaço de reserva.

oficina teórica

1. O que é quadro de distribuição?

2. Quais são os componentes que constituem o quadro de distribuição?

3. Em que locais não se deve instalar o QD?

4. Um quadro de distribuição é constituído por 15 circuitos. Qual a quantidade de espaços de reserva que devem ser deixados?

interatividade



Efetue a seguinte pesquisa com relação ao quadro de distribuição:

- O que deve ser observado na montagem dos quadros de distribuição?
- O que diz a NBR 5410:2004, item 6.1.8.3 quanto à instalação dos quadros de distribuição?



aplicando conhecimento

Divisão da instalação elétrica em circuitos

Após definir todos os pontos de utilização de energia elétrica da instalação, através da previsão de cargas, calculada a demanda e definido o tipo de fornecimento, procede-se a divisão da instalação em circuitos, conforme a necessidade e em "tantos circuitos quanto necessários, devendo cada circuito ser concebido de forma a poder ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida através de outro circuito".

Antes de se proceder a divisão da instalação deve-se verificar a quantidade e a localização dos quadros de distribuição na planta.

Características da divisão da instalação em circuito

A divisão da instalação em circuitos apresenta características muito importantes para a funcionalidade da instalação tornando-a mais versátil, tais como:

- A queda de tensão e a corrente nominal serão menores;
- No dimensionamento é possível utilizar condutores de menor seção e dispositivos de proteção com menor capacidade nominal;
- Para cada circuito de utilização deve ser previsto um dispositivo de proteção;
- Na execução da instalação facilita a enfiagem dos condutores e as ligações nos terminais dos equipamentos.

Círculo elétrico

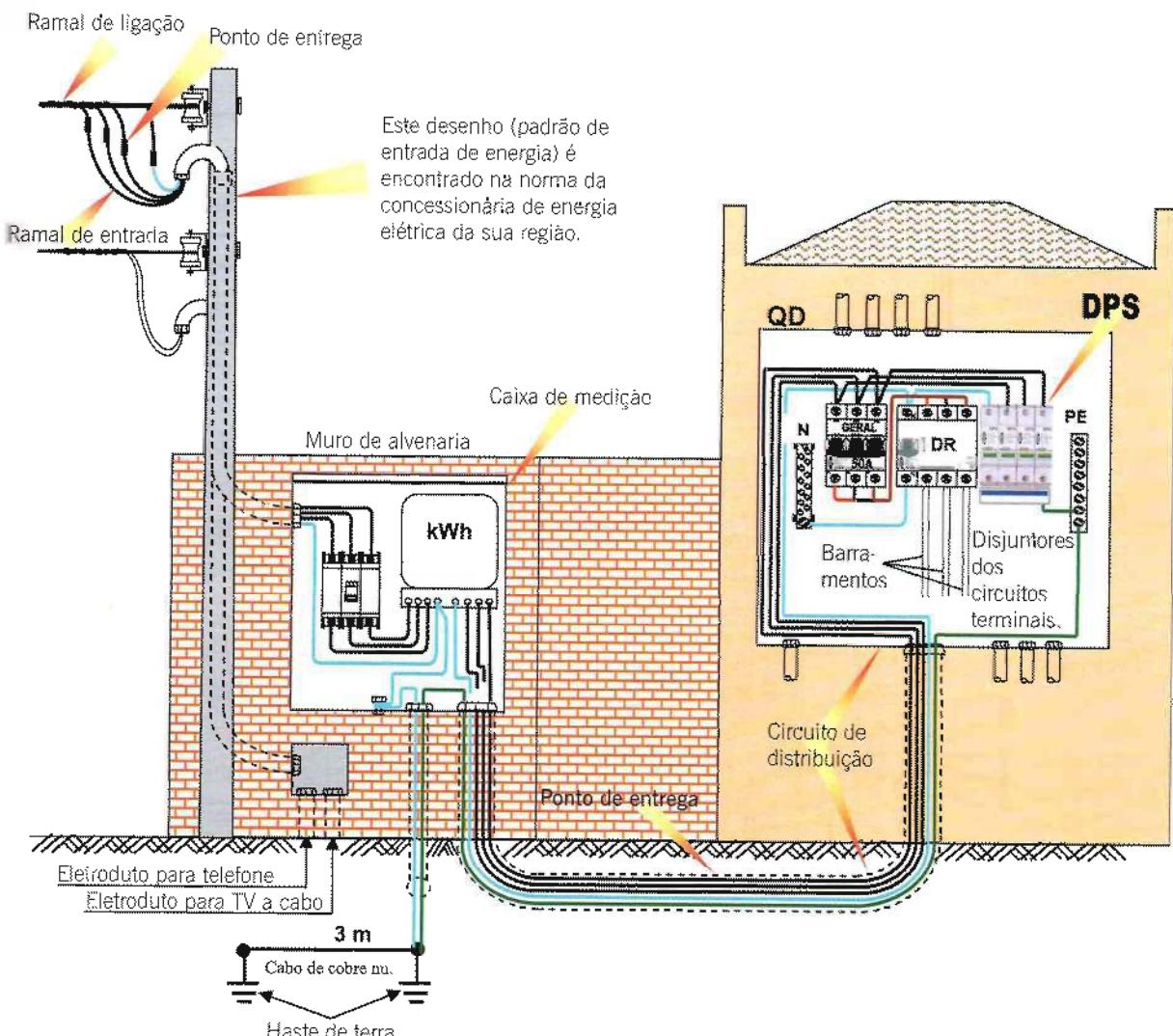
É o conjunto de condutores e equipamentos ligados ao mesmo dispositivo de proteção. É composto, basicamente, dos seguintes elementos: fonte, comando (disjuntores e interruptores), dispositivos de proteção, condutores e carga.

Numa instalação elétrica existem dois tipos de circuitos:

- a) circuito de distribuição que atende a várias cargas e tem como origem o Quadro de Medição (QM);

b) circuito do ponto de utilização ou circuito terminal que tem como origem o quadro de distribuição e alimentam diretamente lâmpadas e pontos de tomadas (TUGs e TUEs).

As figuras abaixo mostram com clareza esses dois tipos de circuitos.



Fonte: autores.



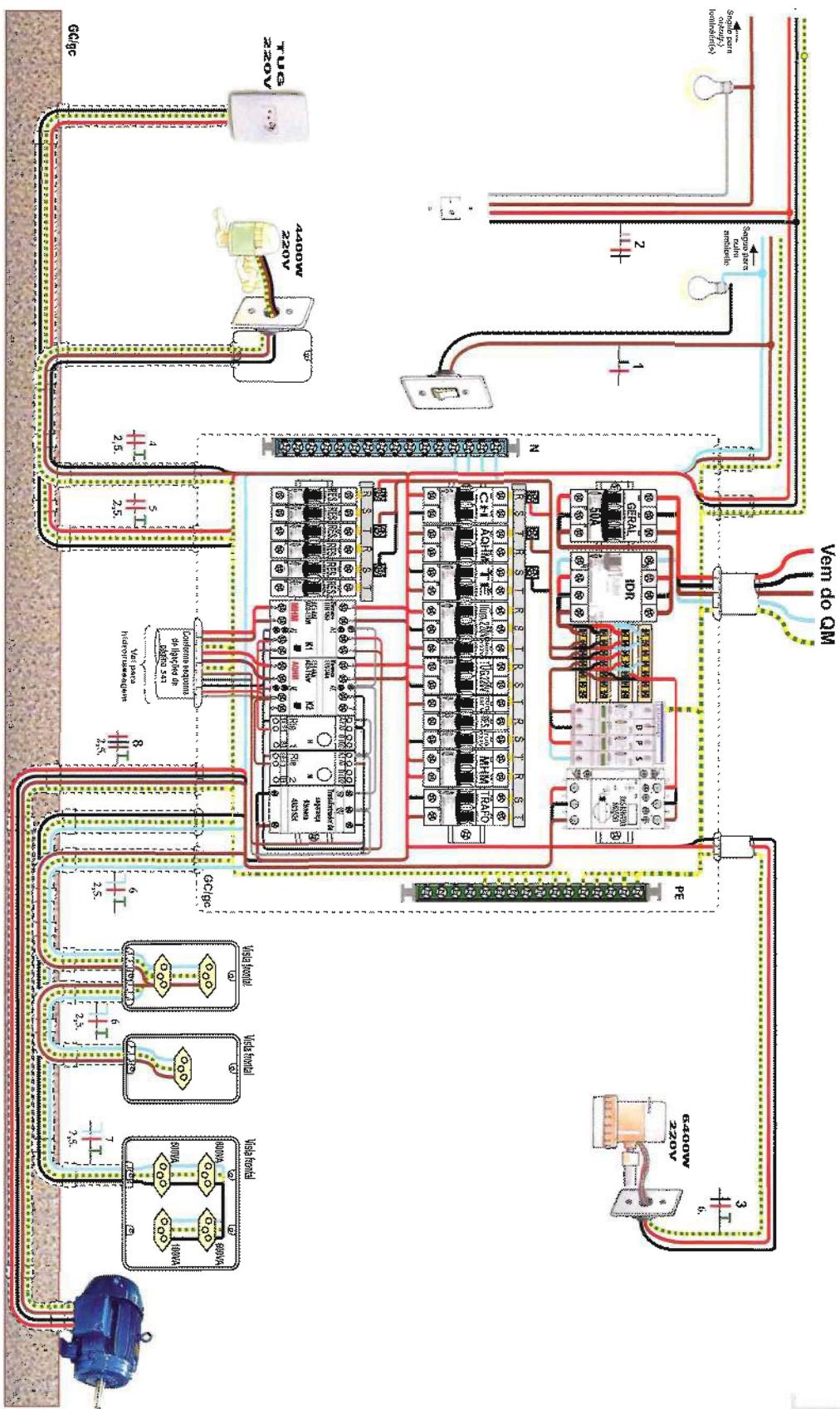
Instalações elétricas prediais

Representação esquemática de uma entrada de energia, desde o poste auxiliar do consumidor até o QD, mostrando, inclusive, o circuito de distribuição.

→ Nota

Todos os condutores: ponto de entrega, ponto de entrada, aterramento, disjuntor termomagnético e caixa de medição devem seguir o que determina as normas das concessionárias de energia elétrica e, também, em função da categoria de atendimento ou tipo de fornecimento.





Distribuição de circuitos a partir do quadro de distribuição.

Critérios para a divisão da instalação em circuitos

Os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam. Em particular, devem ser previstos circuitos terminais distintos para iluminação e tomadas.



- Devem ser previstos circuitos independentes para equipamentos com corrente nominal superior a 10 A. E, também, deve ser previsto circuitos exclusivos para cada TUE (Tomada de Uso Específico).
- Prever circuitos individuais (tanto quanto forem necessários) para pontos de tomadas de cozinha, copas, copas-cozinhais, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos.
- Prever circuitos individuais (tanto quanto forem necessários) de pontos de tomadas para os demais cômodos ou dependência (isto é, fora aqueles listados no item anterior).
- A potência máxima para cada circuito deve limitar-se:
 - a) Circuitos para iluminação: 1.270VA em 127V e 2.200VA em 220V.
 - b) Circuitos de TUGs: 2.100VA em 127V e 4.000VA em 220V.
 - c) Circuitos de TUEs: Um circuito para cada TUE, podendo ser ligadas tanto em 127V como em 220V, conforme a necessidade ou as determinações do fabricante.
- Nos circuitos de pontos de tomadas de cozinha, copas, copas-cozinhais, áreas de serviço lavanderias e locais análogos, as potências dos circuitos podem ser conforme determina a norma. Em geral, o limite pode chegar a 2.100VA, que corresponde até seis pontos de tomadas de $600VA + 600VA + 600VA + 100VA + 100VA + 100VA = 2.100VA$. Se forem previstos sete ou mais pontos de tomadas, a potência será de $600VA + 600VA + 100VA + 100VA + 100VA + 100VA + 100VA = 1.700VA$ (9.5.2.2.2).

alerta

"As cargas devem ser distribuídas entre as fases, de modo a obter-se o maior equilíbrio possível" (NBR 5410: 2004, item 4.2.5.6).

alerta

Cargas com potências elevadas devem ser ligadas em 220V, para facilitar o equilíbrio de cargas nas fases, quando do cálculo da demanda da instalação



oficina teórica

- 1.** Quais são as características que se obtém com a divisão da instalação em circuitos?

- 2.** O que é um circuito elétrico?

- 3.** O que é circuito de distribuição?

- 5.** Qual é a potência máxima para os circuitos de iluminação, TUGs e TUEs?

aplicando conhecimento

Cálculo da demanda

O cálculo da demanda em unidades habitacionais, como residências, apartamentos, hotéis, motéis, etc., pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$D_{inst} = (\text{Ilum.} + \text{TUG}) \times fd_1 + \text{TUE} fd_2$$

Onde:

D_{inst} = Demanda da instalação, em (VA).

Ilum. = Potência do(s) circuito(s) de iluminação em (VA).

TUG = Potência do(s) circuito(s) de Tomada de Uso Geral em (VA).

TUE = Potência do(s) circuito(s) de Tomada(s) de Uso Específico, como: CH (Chuveiro), TE (Torneira Elétrica); MO (Micro-ondas); MLR (Máquina de lavar roupa); MSR (Máquina de secar roupa); AC (Ar-condicionado); AQHM (Aquecedor da Hidromassagem); MHM (Motor da Hidromassagem); AQP (Aquecedor de passagem); AQAC (Aquecedor de acumulação), etc. em (VA).

fd_1 e fd_2 = Fatores de demanda conforme tabelas.

Este é apenas um dos métodos utilizados para o cálculo da demanda (D), sendo que pode variar conforme exigência da concessionária de energia regional e dos critérios adotados pelo projetista. Mesmo que o projetista tenha os seus próprios métodos, todos devem estar em conformidade com a norma brasileira e atendendo as concessionárias de Energia elétrica de cada estado ou região.

Fatores da demanda

A seguir apresentamos as tabelas com os fatores de demanda retirados da CT64 do COBEI (Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações).

O fator de demanda pode ser obtido pelas seguintes tabelas: Fatores de demanda para iluminação e tomadas de uso geral – TUGs.

Linha	Potência (VA)	fd_1 (%)
1	0 a 1000	86
2	1.001 a 2.000	75
3	2.001 a 3.000	66
4	3.001 a 4.000	59
5	4.001 a 5.000	52
6	5.001 a 6.000	45
7	6.001 a 7.000	40
8	7.001 a 8.000	35
9	8.001 a 9.000	31
10	9.001 a 10.000	27
11	Acima de 10.000	24

Tabela de fatores de demanda.

Fatores de demanda para tomadas de uso específico – TUEs – Hidromassagem.

Número de circuitos de TUEs	fd ₂ (%)	Número de circuitos de TUEs	fd ₂ (%)
1	100	11	49
2	100	12	48
3	84	13	46
4	76	14	45
5	70	15	44
6	65	16	43
7	60	17	41
8	57	18 - 19 - 20	40
9	54	21 - 22 - 23	39
10	52	24 e 25	38

Tabela de fatores de demanda.

Quando os valores são tabelados, geralmente o fator de potência já está incluso, como exemplo a lavadora de louça que tem uma potência entre 1.000VA a 1.800VA, dependendo das dimensões da máquina. Se a máquina tem um motor interno de 1,5cv, 220V, rendimento (η) = 76% e fator de potência (FP) = 86%. Assim, a potência que virá na placa da máquina de lavar será:

$$S = \frac{P}{FP \times \eta}$$

Onde:

S = Potência aparente, em volt-ampère (VA)

P = Potência ativa, em watts (W)

cv = 736W

FP = Fator de potência (%).

η = Rendimento do motor(%).

$$S = \frac{1,5 \times 736}{0,86 \times 0,76} \rightarrow S = 1.689,1\text{VA}$$

Portanto, o valor indicado na placa da lavadora de louça é 1.700VA ou 1,7kVA. Caso tenha dúvida, sempre pegue os valores máximos da tabela.

oficina prática

Sendo dada as características de um consumidor, conforme abaixo, vamos determinar a demanda e classificar esse consumidor de acordo com tipo de fornecimento determinado pela norma da concessionária local.

Quantidade	Especificação das cargas	Potência nominal (VA)	Potência total (VA)
15	Lâmpadas incandescentes.	100	1.500
10	Tomadas.	100	1.000
8	Tomadas.	600	4.800
3	Chuveiros.	5.400	16.200
1	Torneira elétrica.	4.400	4.400
1	Máquina de lavar louça.	2.000	2.000
1	Microondas.	1.500	1.500
1	Máquina de lavar roupa.	1.800	1.800
1	Máquina de secar roupa.	5.000	5.000
3	Ar-condicionado.	3.350	10.050
1	Hidromassagem.	6.600	6.600
1	Aquecedor de passagem.	6.000	6.000
Carga instalada (VA)			60.850
Demanda (VA)			27.188

$$D_{inst} = (Illum. + TUG) \times f_{d1} + TUE \times f_{d2}$$

Para a iluminação e tomadas de uso geral (TUGs) somamos e enquadramos os valores na tabela da página 305 “Fatores de demanda para iluminação e tomadas de uso geral - TUGs”.

$$D_1 = (Illum. + TUG) \times f_{d1} \Rightarrow D_1 = (1.500 + 1.000 + 4.800) \times 0.35 \Rightarrow D_1 = 7.300 \times 0.35 \Rightarrow D_1 = 2.555 \text{ VA}$$





O fator de demanda para tomadas de uso específico – TUE é dado em função do número de equipamento. Para esse consumidor temos 13 (treze) TUEs, logo o fator de demanda $fd_2 = 0,46$.

Para tomadas de uso específico (TUEs), somamos os valores e enquadrados na tabela da página 303 "Fatores de demanda para número de circuitos de tomada de uso específico - TUEs".

$$D_2 = \text{TUEs} \times fd_2 \Rightarrow$$

$$D_2 = (16.200 + 4.400 + 2.000 + 1.500 + 1.800 + 5.000 + 10.050 + 6.600 + 6.000) \times fd_2 \Rightarrow$$

$$D_2 = 53.550 \times 0,46 \Rightarrow D_2 = 24.633\text{VA}$$

Com os dados obtidos concluímos o cálculo da demanda desse consumidor, ou seja:

$$D_{\text{inst.}} = (\text{Ilum.} + \text{TUG}) \times fd_1 + \text{TUE} \times fd_2 \Rightarrow D_{\text{inst.}} = 2.555 + 24.633 \Rightarrow$$

$$D_{\text{inst.}} = 27.188\text{VA} \text{ ou } D_{\text{inst.}} = 27,2\text{kVA}$$

Consultando a tabela Limitações das Categorias de Atendimento e a tabela Dimensionamento da Entrada de Energia, páginas 284 e 285, (consulte as tabelas da concessionária da sua região), vamos determinar a categoria de atendimento ou tipo de fornecimento e demais dados necessários para a especificação do consumidor. De posse dos resultados obtidos referente ao cálculo acima, bem como a previsão de cargas e demanda, vamos agora preencher a tabela seguinte com as características principais desse consumidor.

Categoria de atendimento: 41

Demandas da categoria: 38 kVA; Demandas da instalação: 27,2kVA

Condutores

Ramal de ligação
Cobre: 16mm²;
Aluminio: 2AWG
ou 25mm².

Ramal de Entrada
Cobre: Fases: 35mm²
Neutro: 25mm².

Aterramento
Cobre: 16mm²
Aço-cobre: 4AWG.

Caixas-padrão
Tipo: CN - Medidor.

Disjuntor
 $I = 100\text{A}$ Tripolar.

Eletroduto
PVC: 40mm (1.1/4")
Aço-carbono: 33mm.



oficina teórica

Quantidade	Especificação das cargas	Potência nominal (VA)	Potência total (VA)
15	Lâmpadas incandescentes.	100	1.500
8	Lâmpadas incandescentes.	60	480
12	Tomadas.	100	1.200
8	Tomadas.	600	4.800
2	Chuveiros.	5.400	10.800
1	Torneira elétrica.	4.400	4.400
1	Máquina de lavar louça.	2.000	2.000
1	Microondas.	1.500	1.500
1	Máquina de lavar roupa.	1.800	1.800
1	Máquina de secar roupa.	2.000	2.000
Carga Instalada (VA)			
Demanda (VA)			

$$D_{inst.} = (Illum. + TUG) \times fd_1 + TUE \times fd_2$$

$$D_1 = (Illum. + TUG) \times fd_1 \Rightarrow D_1 = (\underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}) \times fd_1 \Rightarrow \\ D_1 = \underline{\hspace{2cm}} \times \underline{\hspace{2cm}} \Rightarrow D_1 = \underline{\hspace{2cm}} VA$$

$$D_2 = TUE's \times fd_2 \Rightarrow D_2 = (\underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} + \\ + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}) \times fd_2 \Rightarrow D_2 = \underline{\hspace{2cm}} \times \underline{\hspace{2cm}} \Rightarrow D_2 = \underline{\hspace{2cm}} VA$$

$$D_{inst.} = (Illum. + TUG) \times fd_1 + TUE \times fd_2 \Rightarrow D_{inst.} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} \Rightarrow \\ D_{inst.} = \underline{\hspace{2cm}} VA \text{ ou } D_{inst.} = \underline{\hspace{2cm}} kVA$$

Classificação do consumidor

Categoria de atendimento:

Demanda da categoria: kVA; Demanda da instalação: kVA

Condutores

Ramal de ligação Cobre: mm ² ; Alumínio: AWG ou mm ²	Ramal de Entrada Cobre: Fases: mm ² Neutro: mm ²	Aterramento Cobre: mm ² Aço-cobre: AWG.
Caixas-padrão Tipo: - Medidor	Disjuntor I = polar	Eletroduto PVC: mm () Aço-carbono: mm



Dimensionamento da instalação elétrica e conexões de condutores

Fazendo uma comparação do sistema elétrico com o sistema hidráulico verificamos que a quantidade de água está diretamente relacionada ao diâmetro do cano. Menor diâmetro, menor quantidade de água e maior diâmetro, maior é a quantidade e facilidade com que a água flui pelo cano.

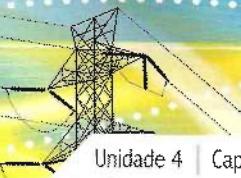
Algo semelhante acontece com o condutor elétrico. Inicialmente, a corrente elétrica que circula no condutor, sob a influência de uma força eletromotriz - fem (tensão elétrica) produz um aquecimento, devido ao " atrito" dos elétrons no seu interior. No entanto, existe um limite máximo de aquecimento suportável pelo condutor, caso seja ultrapassado esse limite poderá ocorrer a deterioração do material isolante que poderá provocar choques elétricos, curto-círcito e incêndio.

Portanto, para que seja evitado aquecimento acima do limite suportável dos condutores elétricos é necessário que o dimensionamento seja feito conforme a carga que está alimentando e de acordo com a norma.



Fonte: Prysmian

Tipos de condutores elétricos.



A seção dos condutores deve ser determinada de forma a que sejam atendidos, no mínimo, os seguintes critérios:

- Seção mínima;
- Capacidade de condução de corrente (ampacidade);
- Queda de tensão;
- Proteção contra sobrecargas;
- Proteção contra curto-circuitos; e
- Proteção contra choques elétricos.

Neste capítulo estudaremos somente os três primeiros critérios.

aplicando conhecimento



Seção mínima dos condutores fase

Condutor fase

A seção mínima dos condutores fase, em circuitos CA, e dos condutores vivos, em circuitos CC, não devem ser inferiores ao valores dados pela tabela abaixo.

Tipo de linha	Utilização do circuito	Seção mínima do condutor (mm ^①)	Material
Instalações fixas em geral.	Condutores e cabos isolados.	1,5	Cobre
		16	Alumínio
	Circuito de força ^② .	2,5	Cobre
		16	Alumínio
	Circuitos de sinalização e circuitos de controle.	0,5 ^③	Cobre
Linhas flexíveis com cabos isolados.	Condutores nus.	10	Cobre
		16	Alumínio
	Circuitos de sinalização e circuitos de controle.	4	Cobre
	Para um equipamento específico.	Como especificado na norma do equipamento.	
	Para qualquer outra aplicação.	0,75 ^④	Cobre
Circuitos a extrabaixa tensão para aplicações especiais.		0,75	Cobre

Fonte: NBR 5410:1004

① Seções mínimas ditadas por razões mecânicas.

② Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força.

③ Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1mm².

④ Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1mm².



Condutor neutro

O condutor neutro, num sistema elétrico de distribuição secundária (BT), tem por finalidade o equilíbrio e a proteção desse sistema elétrico.

A norma NBR 5410:2004 determina:

1. O condutor neutro não pode ser comum a mais de um circuito.
2. O condutor neutro de um circuito monofásico deve ter a mesma seção do condutor de fase.
3. Com a presença das correntes de terceira harmônica:
 - a) Circuitos trifásicos com neutro (3F+N), mesmo equilibrados:
 - a.1 - Quando a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 15% e não superior a 33%, o condutor neutro deve ser igual à dos condutores de fase.
 - a.2 - Quando a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 33%, pode ser necessário um condutor neutro com seção superior à dos condutores de fase.
 - b) Circuitos com duas fases e neutro (2F+N):
 - b.1 - Se a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos não for superior a 33%, o condutor neutro deve ser igual ao condutor de fase.
 - b.2 Se a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 33%, pode ser necessário um condutor neutro com seção superior à dos condutores fase.

→ Nota

- Os níveis das correntes harmônicas, citadas em "a.1" e "b.1", são encontrados em circuitos que alimentam luminárias com lâmpadas de descarga, incluindo as fluorescentes.
- Os níveis de correntes harmônicas, citadas em "a.2" e "b.2", são encontrados, p.ex., em circuitos que alimentam computadores ou outros equipamentos de tecnologia de informação.
- Dimensionamento do condutor neutro: Se os níveis da "terceira harmônica das correntes de fase e do comportamento imposto à corrente de neutro pelas condições de desequilíbrio em que o circuito pode vir a operar, conforme as condições citadas em "a.2" e "b.2"". Dimensionamento da Seção do condutor neutro quando o conteúdo

de terceira harmônica das correntes de fase for superior a 33%.

A seção do condutor neutro pode ser determinada calculando-se a corrente no neutro da seguinte forma:

$$a) \quad I_N = f_h I_p$$

$$b) \quad I_p = \sqrt{I_1^2 + I_i^2 + I_j^2 + \dots + I_n^2}$$

Onde:

I_N = Corrente no neutro em função da terceira harmônica, em ampère (A).

I_p = Corrente de projeto do circuito, valor eficaz total, em ampère (A). A Norma trata como I_B .

I_1 = valor eficaz da componente fundamental, ou componente de 60Hz;

I_i, I_j, \dots, I_n , valores eficazes das componentes harmônicas de ordem i, j, ... n presentes na corrente de fase; e

f_h = é o fator retirado da tabela abaixo. Na falta de uma estimativa mais precisa da taxa de terceira harmônica esperada, recomenda-se a adoção de um f_h cujo valores se encontram na última linha ($\geq 66\%$).

Taxa de terceira harmônica.	f_h	
	Círculo trifásico com neutro.	Círculo 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
$\geq 66\%$	1,73	1,41

Fonte: NBR 5410:2004

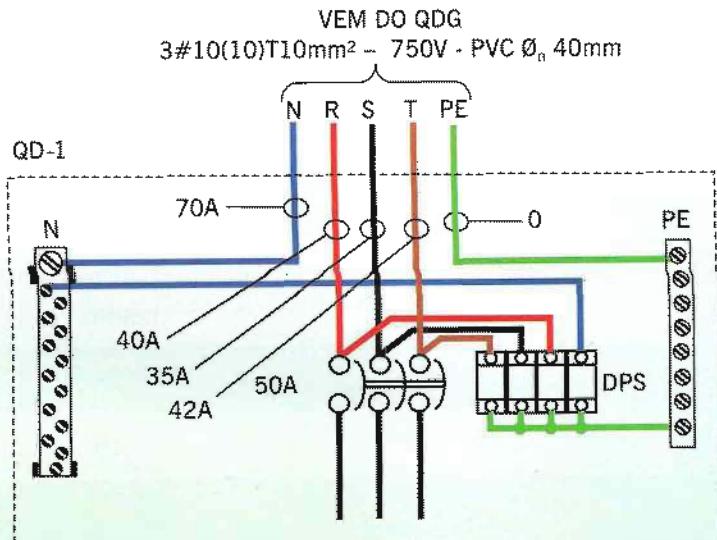
Fator f_h para a determinação da corrente de neutro.



4. Em circuitos trifásicos com neutro, caso os condutores de fase sejam superiores a 25mm^2 , a seção do condutor neutro pode ser inferior à dos condutores de fase, porém nunca inferior aos indicados na tabela da página 313, quando as três condições seguintes forem atendidas simultaneamente:
- O circuito for, presumivelmente, equilibrado em serviço normal;
 - A corrente das fases não contiver uma taxa de terceira harmônica e múltiplos superior a 15%; e
 - O condutor neutro for protegido contra sobrecorrentes (veja unidade 4 capítulo 3)

Dimensionamento do condutor neutro sob a influência das correntes de harmônica.

Um quadro de distribuição trifásico apresenta aquecimento no condutor de neutro e tem as seguintes características após a medição das correntes:



O condutor neutro 10mm^2 , pela tabela da página 322, 750V, isolação de PVC e eletroduto embutido em alvenaria, com temperatura ambiente 30°C , B1, coluna 7, suporta (I_c) = 50A.

Observamos que o disjuntor é de 50A e as correntes das fases estão dentro do limite da proteção, ou seja, abaixo de 50A. Através de medições constata-se que a corrente no condutor de neutro está acima da capacidade de condução de corrente do condutor, ou seja, $I_{\text{neutro}} = 70\text{A}$. Este acréscimo de corrente é devido à corrente de harmônica. Para tanto, deve-se calcular a nova bitola do condutor de neutro.

Caso não seja possível a medição da corrente de harmônica, adota-se o valor máximo da tabela da página 311 ou seja, $f_h = 1,73$.

$$I_n = f_h \times I_p \rightarrow I_n = 1,73 \times 50 \rightarrow I_n = 86,5A$$

Pela tabela da página 326, Coluna 7, B1, encontramos $I_c = 89A$, que equivale a um condutor de $25mm^2$.

Portanto, o condutor seção $10mm^2$ do neutro deverá ser substituído para um condutor (cabo) de seção $25mm^2$.

Seção dos condutores de fase (mm ²) ^①	Seção reduzida do condutor neutro (mm ²) ^②
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Fonte: NBR 5410:2004

① As condições de utilização desta tabela são dadas no item 4 da página 312; e

② Os valores são aplicáveis quando os condutores de fase e o condutor neutro forem do mesmo metal.

Seções mínimas do condutor neutro^②.



"Por questões de segurança, não deve ser usada a cor de isolamento exclusivamente amarela onde existir o risco de confusão com a dupla coloração verde-amarela, cores exclusivas do condutor de proteção".

Identificação dos condutores

"As linhas elétricas devem ser dispostas ou marcadas de modo a permitir sua identificação quando da realização de verificações, ensaios, reparos ou modificações na instalação". Além disso, a correta identificação dos condutores, codificando-os por cores, facilita e agiliza a execução da instalação.



Condutor neutro.	"Qualquer condutor isolado utilizado como condutor neutro deve ser identificado conforme essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a cor azul-clara na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar".
Condutor de proteção (PE).	"Qualquer condutor isolado utilizado como condutor de proteção (PE) deve ser identificado de acordo com essa função. Deve ser usada 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".
Condutor com a função PEN.	"Qualquer condutor utilizado como condutor PEN deve ser identificado de acordo com essa função. Deve ser usada a cor azul-claro, com anilhas verde-amarelo nos pontos visíveis ou acessíveis, na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar".
Condutor(es) fase(s) e retorno(s)	Qualquer que seja o tipo de condutor que seja utilizado como condutor(es) fase(s) ou condutor(es) de retorno(s), pode ser identificado por qualquer cor, com exceção das cores utilizadas nos casos acima.

Tabela de padronização de cores.

Capacidade de condução de corrente

A capacidade de condução de corrente (ampacidade) leva em consideração os efeitos térmicos provocados nos componentes do circuito pela passagem da corrente elétrica em condições normais (corrente de projeto – I_p), que depende da natureza do material constituinte e do meio (maneira de instalar o condutor).

A NBR 5410:2004 indica, por meio das tabelas de capacidade de condução de corrente e submetidas aos fatores de correção eventuais a corrente máxima admissível para cada tipo, seção e maneira de instalar (Tipos de linhas elétricas-Tabela seguinte), para que o condutor, durante períodos prolongados em funcionamento normal a temperatura máxima para serviço contínuo, não ultrapasse os valores da tabela de temperaturas características dos condutores.

Método de instalação número	Método de referência a utilizar para a capacidade de condução de corrente ⁽¹⁾	Descrição
1	A1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ⁽²⁾ .
2	A2	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ⁽²⁾ .
3	B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vezes o diâmetro do eletroduto.
4	B2	Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vezes o diâmetro do eletroduto.
5	B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede.
6	B2	Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede.
7	B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria.
8	B2	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria.
11	C	Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espassado desta menos de 0,3 vezes o diâmetro do cabo.
11A	C	Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto.
11B	C	Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vezes o diâmetro do cabo.
12	C	Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não perfurada, perfilado ou prateleira ³⁾ .
13	E(multipolar) F(unipolares)	Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, na horizontal ou vertical ⁴⁾ .

Tipos de linhas elétricas.



Método de instalação número	Método de referência a utilizar para a capacidade de condução de corrente ⁽¹⁾	Descrição
14	E(multipolar) F(unipolares)	Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela.
15	E(multipolar) F(unipolares)	Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vezes o diâmetro do cabo.
16	E(multipolar) F(unipolares)	Cabos unipolares ou cabo multipolar em leito.
17	E(multipolar) F(unipolares)	Cabos unipolares ou cabo multipolar suspenso(s) por cabo de suporte, incorporado ou não.
18	G	Condutores nus ou isolados sobre isoladores.
21	1,5 De $\leq V < 5$ De B2 5 De $\leq V < 50$ De B1	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)} .
22	1,5 De $\leq V < 20$ De B2 V ≥ 20 De B1	Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção ^{5) 7)} .
23	B2	Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção circular em espaço de construção ^{5) 7)} .
24	1,5 De $\leq V < 20$ De B2 V ≥ 20 De B1	Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular em espaço de construção ⁵⁾ .
25	B2	Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção ⁵⁾ .

Tipos de linhas elétricas.

Método de instalação número	Método de referência a utilizar para a capacidade de condução de corrente ⁽¹⁾	Descrição
26	1,5 De ≤ V < 5 De B2 5 De ≤ V < 50 De B1	Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria ⁶⁾ .
27	B2	Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria.
31 32	B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical.
31A 32A	B2	Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical.
33	B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada embutida no piso.
34	B2	Cabo multipolar em canaleta fechada embutida no piso.
35	B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspensa(o).
36	B2	Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspensa(o).
41	1,5 De ≤ V < 20 De B2 V ≥ 20 De B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical ⁷⁾ .
42	B1	Condutores isolados em eletroduto de seção circular contido em canaleta ventilada embutida no piso.
43	B1	Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada embutida no piso.
51	A1	Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante ²⁾ .
52	C	Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional.

Tipos de linhas elétricas.

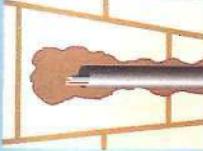
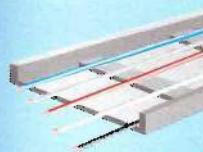


Método de instalação número	Método de referência a utilizar para a capacidade de condução de corrente ⁽¹⁾	Descrição
53	C	Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica.
61	D	Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a).
61A	D	Cabos unipolares em eletrodutos (de seção não-circular ou não em canaleta não ventilada enterrado(a) ⁸⁾ .
63	D	Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), com proteção mecânica adicional ⁹⁾ .
71	A1	Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura.
72 72A	B1 B2	72 – Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta provida de separações sobre parede. 72A – Cabo multipolar em canaleta provida de separações sobre parede.
73	A1	Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de porta.
74	A1	Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de janela.
75 75A	B1 B2	75 – Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta embutida em parede. 75A – Cabo multipolar em canaleta embutida em parede.

Tipos de linhas elétricas.



Fonte: Prysmian

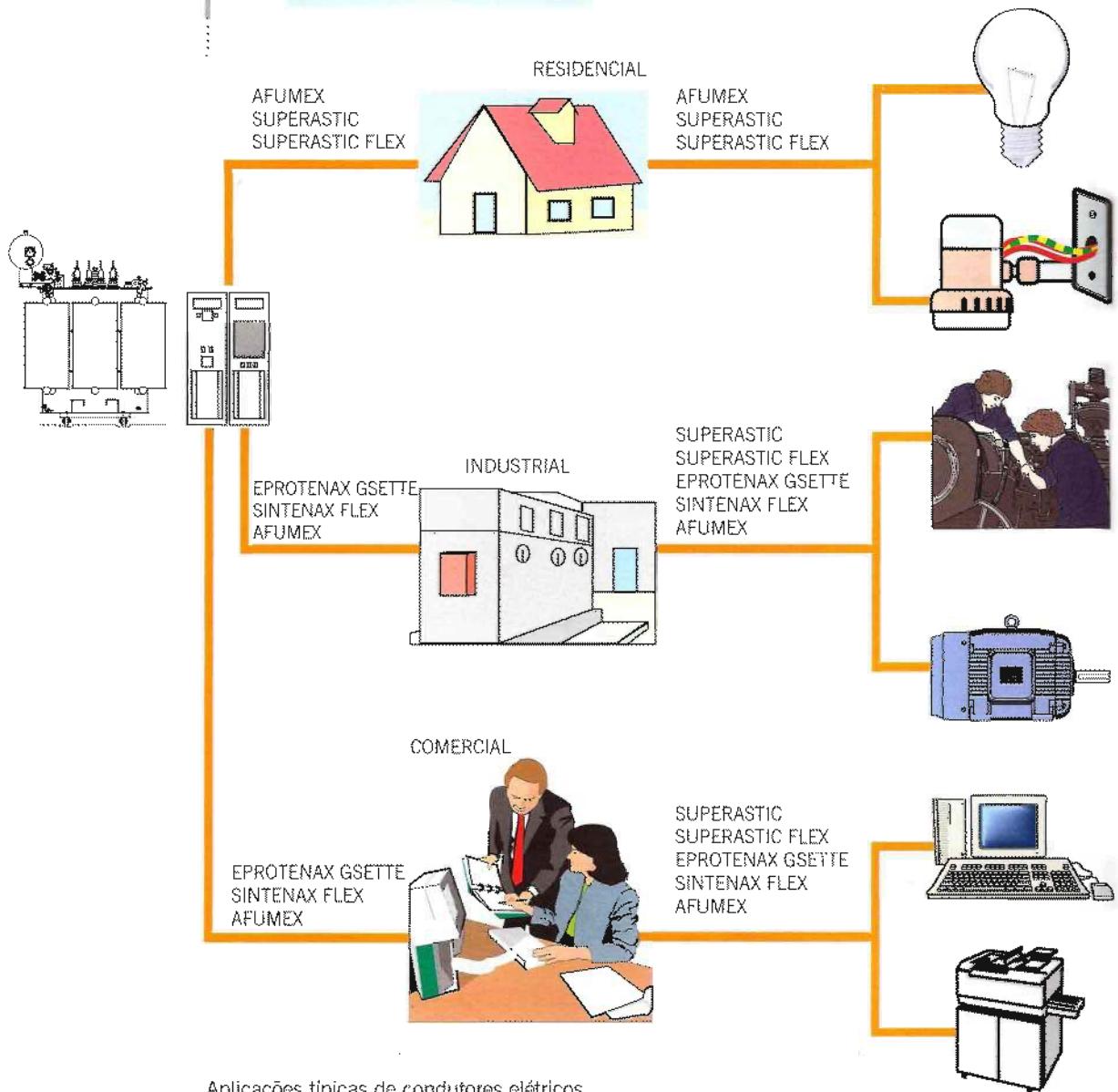
Tipos de linhas elétricas	Cabos recomendados			
	Cabo superastic flex	Cabo sintenax flex	Cabo eprotenax GSETTE	Cabo afumex 0,6/1kv
 Eletroduto aparente Eletroduto em alvenaria	✓	✓	✓	✓
 Eletrocalha	✓	✓	✓	✓
 Bandeja leito	não-permitido	✓	✓	✓
 Suporte	não-permitido	✓	✓	✓
 Espaço de construção	não-permitido	✓	✓	✓
 Eletroduto enterrado	não-permitido	✓	✓	✓
 Canaleta no solo	não-permitido	✓	✓	✓
 Diretamente enterrado	não-permitido	✓	✓	✓

Tipos de linhas elétricas e exemplo de utilização de condutores elétricos.

Instalações elétricas prediais



Fios e cabos elétricos



Aplicações típicas de condutores elétricos.

Número de condutores carregados

Entende-se por condutor carregado aquele que efetivamente é percorrido pela corrente elétrica no funcionamento normal do circuito. Os condutores fase e neutro são, neste caso, considerados como condutores carregados. O número de condutores carregados a ser considerado é aquele indicado na tabela a seguir:

Esquema de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado	Exemplo de aplicação
Monofásico a dois condutores.	2	Circuitos de distribuição (Iluminação, tomadas, etc.)
Monofásico a três condutores.	2	Circuitos alimentadores de transformadores monofásicos com tap (derivação) central no secundário.
Duas fases sem neutro.	2	Circuitos de distribuição de aparelhos de ar-condicionado, chuveiros elétricos, ligados entre F-F=220V.
Duas fases com neutro.	3	Alimentadores gerais de quadros bifásicos.
Trifásico sem neutro.	3	Circuitos de distribuição para banco de capacitores, motores trifásicos, etc.
Trifásico com neutro.	3 ou 4	Alimentadores gerais de quadros trifásicos.

Número de condutores carregados a ser considerado, em função do tipo de circuito.

→ Nota

- “Em circuitos trifásicos com neutro, quando a circulação de corrente no neutro não for acompanhada de redução correspondente na carga dos condutores de fase (circuito desequilibrado), o neutro deve ser computado como condutor carregado”. É o que acontece quando a corrente nos condutores de fase contém componentes harmônicas de ordem três e seus múltiplos numa taxa superior a 15%. Deve-se considerar como 4 condutores carregados e a determinação da capacidade de condução de corrente dos condutores deve ser afetada do “fator de correção devido ao carregamento do neutro”. Neste caso, aplica-se em caráter geral o fator 0,86, independentemente do método de instalação, é aplicável, então, às capacidades de condução de corrente válidas para três condutores carregados.



Consultando uma das tabelas a seguir e na coluna correspondente os dados obtidos anteriormente, encontramos a seção do condutor, que deve ser aquela que, por excesso, atenda ao valor da corrente, em função das características da instalação do circuito.

Condutores: cobre e alumínio - **Isolação:** PVC

Temperatura no condutor: 70°C

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

Seções nominais mm ²	Métodos de referência (indicados na tabela que começa na página 315).											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	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
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1000	767	679	698	618	1012	906	827	738	1125	996	792	652

Capacidade de condução de corrente, em ampéres, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C, e D, com excessão das seções nominais dos condutores de alumínio.

Fonte: NBR 5410:2004

Condutores: cobre e alumínio – **Isolação:** EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90°C

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

Seções nominais mm ²	Métodos de referência (indicados na tabela da página 315).													
	A1		A2		B1		B2		C		D			
	Número de condutores carregados													
	(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		
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1122	923	711	596		
800	885	792	805	721	1158	1020	952	837	1311	1074	811	679		
1000	1014	908	923	826	1332	1173	1088	957	1515	1237	916	767		

Capacidade de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C, e D, com excessão das seções nominais dos condutores de alumínio.

Fonte: NBR 5410:2004



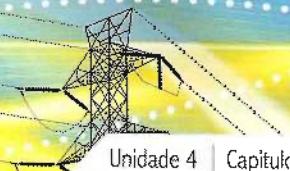
Condutores: cobre e alumínio**- Isolação:** PVC**Temperatura no condutor:** 70°C**Temperatura de referência do ambiente:** 30°C

Painel NBR 14138 - 2004

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência (indicados na tabela da página 315).							
	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		Espaçados	
	Método E	Método E	Método F	Método F	Justapostos	Método G	Horizontal	Vertical
(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	46	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	
630	958	798	1005	855	905	1138	1070	
800	1118	930	1169	971	1119	1325	1251	
1000	1292	1073	1346	1079	1296	1528	1448	

^① Ou ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.

Capacidade de Condução de Corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F, e G, com excessão das seções nominais dos alumínio.



Condutores: cobre e alumínio

- **Isolação:** EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90°C

Temperatura de referência do ambiente: 30°C

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência (Indicados na tabela da página 315).							
	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		Espaçados	
	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	352	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	1085	1008	
500	1030	859	1083	946	998	1253	1169	
630	1196	995	1254	1088	1151	1454	1362	
800	1396	1159	1460	1252	1328	1696	1595	
1000	1613	1336	1683	1420	1511	1958	1849	

^①Ou ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.

Capacidade de Condução de Corrente, em ampéres, para os métodos de referência E, F, e G, com exceção das seções nominais dos condutores de alumínio.



Temperaturas características dos condutores

A tabela abaixo apresenta as características quanto à variação de temperatura dos diversos materiais utilizados como isolação dos condutores para instalações elétricas.

Tipo de material	Temperatura de operação em regime contínuo (°C)	Temperatura de sobrecarga (°C)	Temperatura de curto-círcuito (°C)
Policloreto de Vinila (PVC) até 300mm ²	70	100	160
Policloreto de Vinila (PVC) maior que 300mm ²	70	100	140
Borracha etíleno – propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Temperaturas características dos condutores.

Fator de correção de temperatura (FCT)

“O valor da temperatura ambiente a ser utilizado é a temperatura do meio onde os condutores serão instalados considerando-os carregados”.

O fator de correção de temperatura (da tabela abaixo) são aplicáveis quando a temperatura ambiente e do solo forem diferentes de 30°C e 20°C, respectivamente.

Temperatura °C	Isolação			
	PVC	EPR ou XLPE	PVC	EPR ou XLPE
	Ambiente		do Solo	
10	1,22	1,15	1,10	1,07
15	1,17	1,12	1,05	1,04
20	1,12	1,08	1,00	1,00
25	1,06	1,04	0,95	0,96
30	1,00	1,00	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

Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para cabos não-enterrados e de 20°C (Temperatura do solo) para linhas subterrâneas- FCT.

Fatores de correção de agrupamento (FCA)

O fator de correção de agrupamento (FCA) é aplicável a vários circuitos, quando instalados num mesmo eletroduto, calha, bloco alveolado, bandeja, agrupados sobre uma superfície, ou ainda para cabos em eletrodutos enterrados, ou cabos diretamente enterrados no solo.

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	
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
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		pág. 322 e 323 (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		pág. 324 e 325 (métodos E e F)
5	Camada unida em leito, suporte	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78		0,78		

Fatores de correção para agrupamento de circuitos ou cabos multipolares.

→ Nota

- 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 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 condutor por fase, isto é, sem condutores em paralelo), e/ou
 - À quantidade de cabos multipolares que compõem o agrupamento, qualquer que seja essa composição (só condutores isolados, só cabos unipolares, 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 das páginas 322 a 325, 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 dispersão geralmente inferior a 5%.

Quantidade de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares por camada

	2	3	4 ou 5	6 a 8	9 e mais	
Quantidade de camadas	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

Fonte: NBR 5410:2004

Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores. – Métodos de referência C (Tabelas páginas 322 e 323), E e F (Tabelas das páginas 324 e 325).

→ Nota

- Os fatores são válidos independente da disposição da camada, se horizontal ou vertical.
- Sobre condutores agrupados em uma única camada, ver tabela da página 328 (linhas 2 a 5 da tabela).
- Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301:1990.



①

Número de circuitos	Distância entre cabos ^① (a)				
	Nula	Um diâmetro de cabo	0,125m	0,25m	0,5m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

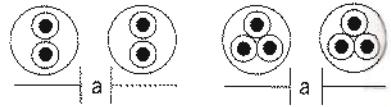
Fatores de agrupamento para linhas com cabos diretamente enterrados.



① Os valores indicados são aplicáveis para uma profundidade de 0,7m e uma resistividade térmica do solo de 2,5Km/w. São valores médios para as seções de condutores constantes nas tabelas das páginas 322 e 323. Os valores médios arredondados podem apresentar erro de até $\pm 10\%$ em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301:1990.

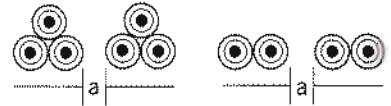
② Deve-se atentar para as restrições e problemas que envolvem o uso de condutores isolados ou cabos unipolares em eletrodutos metálicos quando se tem um único condutor por eletrodo.

Cabos multipolares



Fonte: ABNT NBR 11301:1990

Cabos unipolares

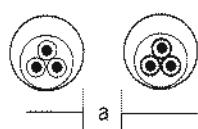


Cabos multipolares em eletrodutos – Um cabo por eletrodo

(a)

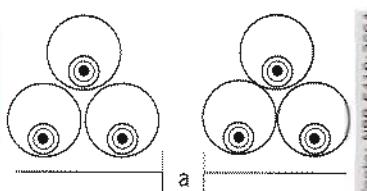
Número de circuitos	Espaçamento entre eletrodutos (a)			
	Nulo	0,25m	0,5m	1,0m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,80

Cabos multipolares



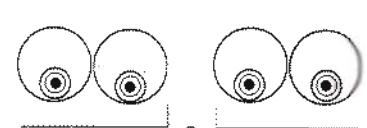
Fonte: ABNT NBR 11301:1990

Cabos unipolares



Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrodo^② – Um condutor por eletrodo

Número de circuitos (grupos de dois ou três condutores)	Espaçamento entre eletrodutos (a)			
	Nulo	0,25m	0,5m	1,0m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90



Fonte: ABNT NBR 11301:1990

Fatores de agrupamento para linhas em eletrodutos enterrados.



Fator de agrupamento

A norma NBR 5410:2004, determina que os Fatores de Correção de Agrupamento dos circuitos (FGA) indicados nas tabelas das páginas 328 a 330 são válidos para grupos de condutores semelhantes, igualmente carregados. Condutores “semelhantes” são aqueles cuja capacidade de condução de corrente baseiam-se na mesma temperatura máxima para serviço contínuo e cujas seções nominais estão contidas no intervalo de três seções normalizadas sucessivas. Quando os condutores de um grupo não preencherem essa condição, os fatores de agrupamento aplicáveis devem ser obtidos recorrendo-se a qualquer das duas alternativas seguintes:

- Cálculo caso a caso, utilizando, a norma ABNT NBR 11301:1990; ou
- Caso não seja viável um cálculo mais específico, pode ser adotado o fator F da expressão:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

Onde:

F = Fator de correção.

n = Número de circuitos ou de cabos multipolares.

→ Exemplo

Em uma instalação elétrica constituída por quatro circuitos, sendo: circuitos monofásicos, bifásicos e trifásicos, alimentados por cabos unipolares, justapostos (unidos) em uma camada única em bandeja perfurada. Se os cabos cujas seções nominais estiverem contidas no intervalo de três seções normalizadas sucessivas (como por exemplo: 6mm^2 , 10mm^2 e 16mm^2), o fator obtido na tabela da página 328 da NBR, ref. 4, será 0,77.

Se, no entanto, a seção nominal dos condutores de um dos circuitos não for sequencial, por exemplo: 4mm^2 e 25mm^2 , o fator será:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}} \Rightarrow F = \frac{1}{\sqrt{4}} \Rightarrow F = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{F = 0,5}$$



Queda de tensão

A queda de tensão não deve ser superior aos limites estabelecidos pela NBR 5410:2004, cuja finalidade é não prejudicar o funcionamento dos equipamentos de utilização conectados aos circuitos da instalação.

A queda de tensão, desde a origem até o ponto mais afastado de qualquer circuito de utilização está contemplada na tabela abaixo:

Denominação	Percentual (%)
a) A partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s).	7
b) A partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado.	7
c) A partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição.	5
d) A partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.	7
e) Queda de tensão nos circuitos terminais.	4

Limites de queda de tensão.

Fonte: NBR 5410:2004

→ Nota

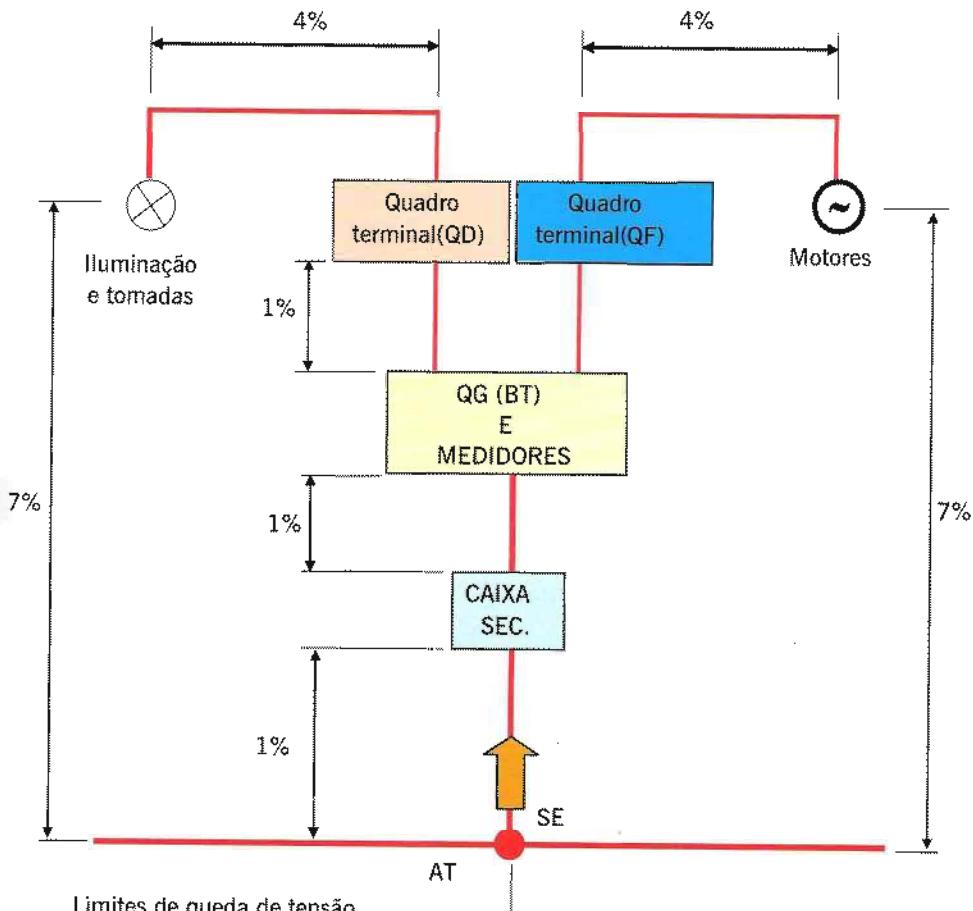
- “Os limites de queda de tensão acima são válidos quando a tensão nominal dos equipamentos de utilização previstos for coincidentes com a tensão nominal da instalação”.
- “Nos casos das alíneas a), b) e d), quando as linhas principais da instalação tiverem um comprimento superior a 100m, as quedas de tensão podem ser aumentadas de 0,005% por metro de linha superior a 100m, sem que, no entanto, essa suplementação seja superior a 0,5%”.
- Para circuitos de motores, com o objetivo de “evitar perturbações que comprometam a rede de distribuição, a própria instalação e o funcionamento das demais cargas por ela alimentadas, devem ser observados: ” a) as restrições impostas pela empresa distribuidora de energia elétrica à partida de motores; b) os limites de queda de tensão nos demais pontos de utilização, durante a partida do motor, deve ser conforme



os itens a) a d) da tabela da página 332 Para satisfazer essas condições a) e b), pode ser necessário empregar dispositivo que limite a corrente na partida do motor.

- O dimensionamento dos condutores que alimentam motores deve ser tal que: a) em regime permanente, as quedas de tensão nos terminais do motor e em outros pontos de utilização, deve ser de acordo com os itens a) a d) da tabela anterior. b) Durante a partida do motor, a queda de tensão no dispositivo de partida não ultrapasse 10% da tensão nominal. OBS.: 1) Em determinadas situações, é possível uma queda de tensão superior a 10% da tensão nominal, desde que o tempo de aceleração do motor não seja prolongado; 2) Adotar fator de potência 0,3 para o cálculo da queda de tensão do motor com rotor bloqueado.

A figura abaixo mostra detalhes de queda de tensão vistos na tabela da página anterior.



Limits of voltage drop,
Conformity to NBR 5410:2004.

Limits of voltage drop of tension,
conformity to COPEL.

Para o cálculo da queda de tensão num circuito, deve ser utilizada a corrente de projeto do circuito.

1. A corrente de projeto inclui as componentes de harmônicas.
2. Para circuitos de motores, ver 6.5.1.2.1, 6.5.1.3.2 e 6.5.1.3.3 da NBR 5410:2004.



Métodos para o cálculo da queda de tensão

Queda de tensão unitária	Queda de tensão trecho a trecho
$\Delta V_{\text{unit.}} = \frac{e(\%) \times V_n}{l p \times \ell}$	$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{\text{unit.}} \times l_p \times \ell \times 100}{V_n}$
<p>Onde:</p> <p>$\Delta V_{\text{unit.}}$ = Queda de tensão unitária, em volt por ampère x quilômetro (V/Axkm).</p> <p>$e(\%)$ = Queda de tensão máxima admissível no trecho, em percentual (%). (Ver figura página 333).</p> <p>ℓ = Comprimento do trecho, em quilômetro (km).</p> <p>l_p = Corrente de projeto, em ampère (A).</p> <p>v_n = Tensão nominal, em volt (V) – (127V – Sistema COPEL).</p> <p>V_n = Tensão nominal, em volt (V) – (220V-Sistema COPEL).</p>	<p>Onde:</p> <p>$\Delta e(\%)$ = Queda de tensão máxima admissível no trecho, em percentual (%).</p> <p>l_p = Corrente de projeto, em ampère (A).</p> <p>$\Delta V_{\text{unit.}}$ = Queda de tensão unitária, em volt por ampère x quilômetro (V/Axkm).</p> <p>ℓ = Comprimento do trecho, em quilômetro (km).</p> <p>v_n = Tensão nominal, em volt (V) – (127V – Sistema COPEL).</p> <p>V_n = Tensão nominal, em volt (V) – (220V-Sistema COPEL).</p>

Roteiro para o dimensionamento pela queda de tensão

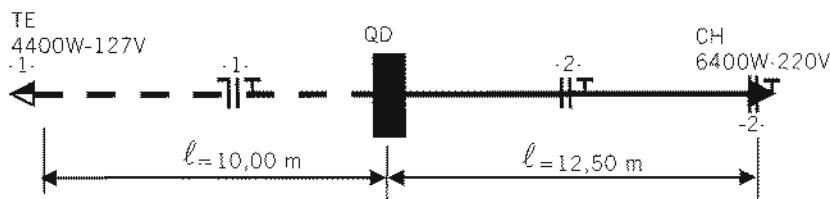
- Tipo de isolação do condutor
- Método de instalação
- Material do eletroduto (magnético ou não-magnético)
- Tipo de circuito (monofásico ou trifásico)
- Tensão do circuito (v ou V)
- Temperatura ambiente
- Cálculo da corrente de projeto
- Fator de potência
- Comprimento do trecho ou do circuito, em km
- Queda de tensão por trecho (percentual)
- Escolha do condutor

Instalação ao ar livre (3)											
Cabos Epoxetanx e Epoprene						Cabos Unipolares (4)					
Círculo Monofásico			Círculo Trifásico			Círculo TriTípolar			Círculo TriTetrapolar		
FF= 0,80	FF= 0,95	FF= 0,80	FF= 0,95	FF= 0,80	FF= 0,95	FF= 0,80	FF= 0,95	FF= 0,80	FF= 0,95	FF= 0,80	FF= 0,95
S=10 cm	S=20 cm	S=2D	S=10 cm	S=20 cm	S=2D	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
23,8	28,0	23,9	28,0	23,6	27,9	20,7	24,2	20,7	24,3	20,5	24,1
14,9	17,4	15,0	17,5	14,7	17,3	12,9	15,1	13,0	15,1	12,8	15,0
9,4	10,9	9,5	10,9	9,2	10,8	8,2	9,5	8,0	9,4	7,9	9,3
6,4	7,3	6,4	7,3	6,2	7,2	5,5	6,3	5,6	6,3	5,4	6,2
3,9	4,4	4,0	4,4	3,7	4,3	3,4	3,8	3,5	3,8	3,3	3,7
2,58	2,83	2,64	2,86	2,42	2,74	2,25	2,46	2,31	2,48	2,12	2,39
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	1,37	1,40	1,41	1,21	1,30	1,18	1,20	1,23	1,23	1,06	1,14
1,06	1,05	1,12	1,09	0,94	0,99	0,94	0,92	0,99	0,95	0,83	0,87
0,81	0,77	0,88	0,80	0,70	0,71	0,72	0,68	0,78	0,70	0,63	0,63
0,66	0,59	0,72	0,62	0,56	0,54	0,59	0,52	0,64	0,55	0,50	0,48
0,57	0,49	0,63	0,53	0,48	0,45	0,51	0,44	0,56	0,46	0,43	0,40
0,50	0,42	0,57	0,46	0,42	0,38	0,45	0,38	0,51	0,41	0,39	0,34
0,44	0,36	0,51	0,39	0,38	0,32	0,40	0,32	0,46	0,35	0,34	0,29
0,39	0,30	0,45	0,33	0,33	0,27	0,35	0,27	0,41	0,30	0,30	0,24
0,35	0,26	0,41	0,29	0,30	0,24	0,32	0,24	0,37	0,26	0,28	0,21
0,31	0,23	0,38	0,26	0,27	0,21	0,29	0,21	0,34	0,23	0,25	0,19
0,28	0,20	0,34	0,23	0,25	0,18	0,26	0,18	0,32	0,21	0,24	0,17
0,26	0,17	0,32	0,21	0,24	0,16	0,24	0,16	0,29	0,19	0,22	0,15
0,23	0,15	0,29	0,18	0,22	0,15	0,22	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14
0,21	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,21	0,13	0,25	0,16	0,20	0,13
0,20	0,17	0,28	0,17	0,21	0,14	0,21	0,13	0,25	0,16	0,20	0,14
0,19	0,16	0,27	0,16	0,21	0,13	0,21	0,13	0,25	0,16	0,20	0,13
0,18	0,15	0,26	0,15	0,20	0,13	0,20	0,13	0,25	0,16	0,20	0,13
0,17	0,14	0,25	0,15	0,19	0,13	0,19	0,13	0,25	0,16	0,20	0,13
0,16	0,13	0,24	0,14	0,18	0,12	0,18	0,12	0,25	0,16	0,20	0,13
0,15	0,12	0,23	0,13	0,17	0,11	0,17	0,11	0,25	0,16	0,20	0,13
0,14	0,11	0,22	0,12	0,16	0,10	0,16	0,10	0,25	0,16	0,20	0,13
0,13	0,10	0,21	0,11	0,15	0,09	0,15	0,09	0,25	0,16	0,20	0,13
0,12	0,09	0,20	0,10	0,14	0,08	0,14	0,08	0,25	0,16	0,20	0,13
0,11	0,08	0,19	0,09	0,13	0,07	0,13	0,07	0,25	0,16	0,20	0,13
0,10	0,07	0,18	0,08	0,12	0,06	0,12	0,06	0,25	0,16	0,20	0,13
0,09	0,06	0,17	0,07	0,11	0,05	0,11	0,05	0,25	0,16	0,20	0,13
0,08	0,05	0,16	0,06	0,10	0,04	0,10	0,04	0,25	0,16	0,20	0,13
0,07	0,04	0,15	0,05	0,09	0,03	0,09	0,03	0,25	0,16	0,20	0,13
0,06	0,03	0,14	0,04	0,08	0,02	0,08	0,02	0,25	0,16	0,20	0,13
0,05	0,02	0,13	0,03	0,07	0,01	0,07	0,01	0,25	0,16	0,20	0,13
0,04	0,01	0,12	0,02	0,06	0,00	0,06	0,00	0,25	0,16	0,20	0,13
0,03	-	0,11	0,01	0,05	-	0,05	-	0,25	0,16	0,20	0,13
0,02	-	0,10	0,00	0,04	-	0,04	-	0,25	0,16	0,20	0,13
0,01	-	0,09	-	0,03	-	0,03	-	0,25	0,16	0,20	0,13
-	-	0,08	-	0,02	-	0,02	-	0,25	0,16	0,20	0,13



Exemplos

1. Dimensionar o condutor com as características abaixo, tendo como dados: FP = 1, isolação de PVC, eletroduto de PVC embutido em alvenaria, temperatura ambiente = 30°C, comprimento do trecho do chuveiro é 12,50m e da torneira elétrica é de 10,00m.



Círculo 1 = 4400W
Tensão = 127V
Círculo 2 = 6400W
Tensão = 220V

Solução

A - Critério da seção mínima

(Tabela da página 309)

Circuitos de pontos de tomadas – Condutor seção mínima 2,5mm².

B - Critério da capacidade de condução de corrente

Círcuito 1

$$S = \frac{P}{FP} \Rightarrow S = \frac{4400}{1} \Rightarrow S = 4400 \text{VA}$$

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{4400}{127} \Rightarrow I_p = 34,65 \text{A}$$

(Tabela página 322 (lc) - Coluna 6).

(valor imediato superior a 34,65A) lc=41A - seção 6 mm²

Círcuito 2

$$S = \frac{P}{FP} \Rightarrow S = \frac{6400}{1} \Rightarrow S = 6400 \text{VA}$$

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{6400}{220} \Rightarrow I_p = 29,1 \text{A}$$

(Tabela página 322 (lc) - Coluna 6).

(valor imediato superior a 29,1A) lc=32A - seção 4 mm²

C - Critério da Queda de Tensão

$$\Delta V_{\text{unit.}} = V/Axkm = (\text{Tabela página 335, Coluna 5}) - e(\%) = (\text{Figura página 333} \leq 4\%)$$

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{\text{unit.}} \cdot I_p \cdot x \cdot l \cdot 100}{V_n} (\leq 4\%)$$

Utilizar sempre a análise das quedas, fp ≥ 0,92 conforme determina a norma brasileira.

$$\Delta e(\%) = \frac{7,07 \times 34,65 \times 0,010 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = 1,93\%$$

$$\Delta e(\%) = \frac{10,6 \times 29,1 \times 0,0125 \times 100}{220} \Rightarrow \Delta e(\%) = 1,75\%$$

Escolha do condutor – Seção dos condutores adotados

Para os circuitos 1 e 2, a queda de tensão é inferior a 4%. Conforme critérios A e B (acima), verificamos que as seções dos condutores calculados para os circuitos correspondentes, permanecem a mesma. Portanto, adota-se as bitolas calculadas.

A seção para o neutro, fase e proteção (PE) é 6,0mm².

A seção para as fases e proteção (PE) é 4,0mm².

2. Dimensionar o condutor com as características abaixo, tendo como dados: FP= 1, isolação de PVC, eletroduto de PVC embutido em alvenaria, temperatura ambiente= 30°C, comprimento do trecho da lava louça é 8m.



Solução

A - Critério da seção mínima

Circuitos de pontos de tomadas – Condutor seção mínima 2,5mm².
(Tabela da página 309)

B - Critério da capacidade de condução de corrente

$$I_p = \frac{S}{V} \geq I_p = \frac{2000}{127} \geq I_p = 15,75A$$

(Tabela página 322)

(lc) - Coluna 6 - lc=17,5A - Seção 1,5mm²

C - Critério da queda de tensão

$\Delta V_{unit.} = V/Axkm$ = (Tabela página 335, Coluna 5) - e(%) = (Figura página 333) $\leq 4\%$

Método da queda de tensão unitária	Método da queda de tensão no trecho
$\Delta V_{unit.} = \frac{e(\%)xV_n}{I_p x \ell}$ $\Delta V_{unit.} = \frac{0,04x127}{15,75x0,008} \geq \Delta V_{unit.} = \frac{5,08}{0,126} \geq$ $\geq \Delta V_{unit.} = 40,32V/Axkm \geq \text{Seção } 1,5mm^2$	Seção 1,5mm ² . $\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} x I_p x \ell x 100}{V_n} (\leq 4\%)$ $\Delta e(\%) = \frac{27,6x15,75x0,008x100}{127} \geq \Delta e(\%) = 2,74\%$

Escolha do condutor – Seção dos condutores adotados

Para esse circuito, observa-se que pelo critério da capacidade de condução de corrente e, também, para ambos os métodos de queda de tensão a seção dos condutores seria de 1,5mm². No entanto, o critério que prevalece neste exemplo é o da seção mínima para tomadas, ou seja:

Seção para o neutro, fase e proteção (PE) - 2,5mm²

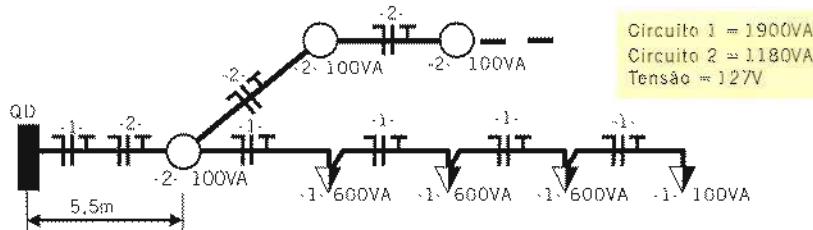


Lembramos que a seção final dos condutores será definida por ocasião do dimensionamento do dispositivo de proteção, ou seja, os disjuntores.

Para o cálculo da queda de tensão dos circuitos, quando as distâncias dos trechos entre cargas forem consideradas pequenas pode-se eventualmente utilizar apenas a distância do quadro (QD) até o primeiro ponto de carga, das respectivas cargas.



3. Dimensionar o condutor com as características abaixo, tendo como dados: FP= 1, isolação de PVC, eletroduto de PVC embutido em alvenaria, temperatura ambiente = 30°C, comprimento do trecho é 5,5m.



Solução

A - Critério da seção mínima (Tabela página 309)

Circuitos de pontos de tomadas –
Condutor seção mínima 2,5mm².

Circuitos de iluminação – Condutor
seção mínima 1,5mm².

B - Critério da capacidade de condução de corrente

Círculo 1

$$I_p = \frac{S}{V} \rightarrow I_p = \frac{1900}{127} \rightarrow$$

$$I_p = 14,96A$$

(Tabela página 322)

(Ic) - Coluna 6 - Seção 1,5mm².
Ic=17,5A - seção 1,5mm²

Círculo 2

$$I_p = \frac{S}{V} \rightarrow I_p = \frac{1180}{127} \rightarrow$$

$$I_p = 9,29A$$

Tabela página 322

(Ic) - Coluna 6 - Seção 0,75mm².
Ic=11A - seção 0,75mm²

C - Critério da queda de tensão

$$\Delta V_{unit.} = V/Axkm = (\text{página 335, Coluna 5}) - e(\%) = (\text{Figura página 333}) \leq 4\%$$

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \cdot I_p \cdot \ell \times 100}{V_n} (\leq 4\%)$$

$$\Delta e(\%) = \frac{27,6 \times 14,96 \times 0,0055 \times 100}{127} \rightarrow$$

$$\Delta e(\%) = 1,79\%$$

$$\Delta e(\%) = \frac{27,6 \times 9,29 \times 0,0055 \times 100}{127} \rightarrow$$

$$\Delta e(\%) = 1,11\%$$

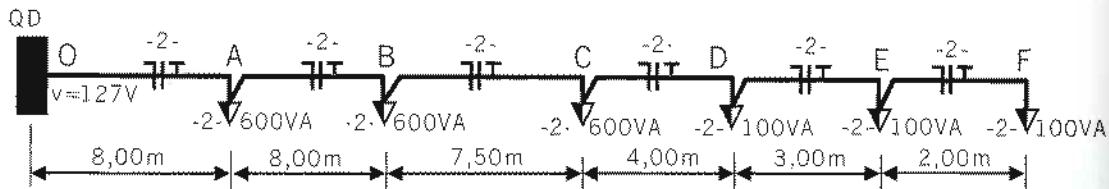
Escolha do condutor – Seção dos condutores adotados

Para os circuitos 1 e 2 observa-se que pelo critério da capacidade de condução de corrente e, também, para ambos os métodos de queda de tensão, a seção dos condutores seria de 1,5mm² e 0,75mm² respectivamente. No entanto, o critério que prevalece neste exemplo é o da Seção Mínima, conforme critério A acima, ou seja:

A seção para o neutro, fase e proteção (PE) é 2,5mm².

A seção para o neutro, fase e proteção (PE) é 1,5mm².

4. Dimensionar o condutor com as características abaixo tendo como dados: FP= 1, isolação de PVC, eletroduto de PVC embutido em alvenaria (método de instalação 7), temperatura ambiente= 30°C e tipo de circuitos: F+N, 2cc.



Solução

Círculo 2 = 2100VA
Tensão = 127V

A – Critério da seção mínima (Tabela página 309)

Circuitos de pontos de tomadas – Condutor seção mínima 2,5mm².

B - Critério da capacidade de condução de corrente

$$I_p = \frac{S}{V} \rightarrow I_p = \frac{2100}{127} \rightarrow I_p = 16,54A$$

De acordo com a Tabela 322 - (lc) - Coluna 6 (B1 – 2cc) – encontramos o valor 17,5A (valor imediatamente superior a 16,54A) e obtemos a seção 1,5mm². Porém, a seção mínima para tomadas é 2,5 mm², inicia-se os cálculos por essa seção.



Este processo é utilizado para o cálculo da queda de tensão, considerando-se as distâncias entre todos os pontos de cargas dos circuitos.

C - Critério da queda de tensão trecho a trecho

Procedimento:

Trecho 0 – A

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times \ell}{V_n} \times 100 \rightarrow \Delta e(\%) = \frac{16,54 \times 16,9 \times 0,008 \times 100}{127} \rightarrow \boxed{\Delta e(\%) = 1,76\%}$$

E assim sucessivamente calcula-se para cada trecho os valores da queda de tensão e vai lançando os valores na tabela a seguir, somando-se os valores acumulados ($\Delta e(\%)$). Caso na soma total o valor for superior a 4%, você deverá iniciar todos os cálculos, considerando-se a próxima bitola do condutor

Para seção 2,5mm² - Coluna 5

Trecho	P (W)	I _p (A)	I (km)	Seção do condutor (mm ²)	$\Delta V_{unit.}$ (V/A.km)	$\Delta e(trecho)$ (%)	$\Delta e(acum.)$ (%)
0 - A	2100	16,54	0,008	2,5	16,9	1,76	1,76
A - B	1500	11,81	0,008	2,5	16,9	1,26	3,02
B - C	900	7,09	0,0075	2,5	16,9	0,71	3,73
C - D	300	2,36	0,004	2,5	16,9	0,13	3,86
D - E	200	1,57	0,003	2,5	16,9	0,06	3,92
E - F	100	0,79	0,002	2,5	16,9	0,02	3,94 < 4%

A seção dos condutores a serem adotados para neutro, fase e proteção serão de 2,5mm².

Considerações sobre condutores elétricos

1. A NBR 5410:2004, estabelece locais onde as instalações elétricas aparentes (em leitos, bandejas, suportes, espaços de construção, etc.) devem utilizar cabos Afumex (cabos livres de halogênios, com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos).
“Em áreas comuns, em áreas de circulação e em áreas de concentração de público, em locais BD2, BD3 e BD4, as linhas elétricas embutidas devem ser totalmente imersas em material incombustível, enquanto as linhas aparentes e as linhas no interior de paredes ocas ou de outros espaços de construção devem atender a uma das seguintes condições:
 - a) No caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, os cabos devem ser não-propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos;
 - b) No caso de linhas constituídas por condutos abertos, os cabos devem ser não-propagantes de chama, livres de halogênios 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 halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos;
 - 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 halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos. Na primeira hipótese (condutos metálicos ou de outro material incombustível), devem 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”.
2. Utilizar preferencialmente condutores (cabos) flexíveis, em substituição aos condutores rígidos, especialmente a partir de $2,5\text{mm}^2$. Os condutores flexíveis apresentam as seguintes vantagens:



- a) Reduz tempo de instalação quando comparado aos rígidos;
 - b) Facilidade de manuseio, instalação e manutenção;
 - c) Facilidade de retirar cabos das caixas e bobinas;
 - d) Reduz possibilidade de defeitos superficiais nas passagens por eletrodutos;
 - e) Facilidade de manuseio nas mudanças de "layout";
 - f) Segurança para instalação em determinadas alturas (profissional trabalha em escadas ou andaimes);
 - g) As conexões com condutores flexíveis devem ser feitas com terminais apropriados;
 - h) Instalações elétricas aparentes, com canaletas de PVC utilize condutores flexíveis.
3. Os condutores são divididos em 5 categorias, sendo as mais conhecidas as Classe 1-Fio rígido; Classe 2-Cabo rígido e Classe 5-Condutor flexível. Por exemplo, para a seção de 10mm² temos: Classe 1- Fio sólido – um único fio; Classe 2 – Cabo rígido – 7 fios e Classe 5 – cabo flexível – mínimo de 72 fios.

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos ^①
BD1	Normal	Baixa densidade de ocupação. Percurso de fuga breve.	Edificações residenciais com altura inferior a 50m e edificações não-residenciais com baixa densidade de ocupação e altura inferior a 28m.
BD2	Longa	Baixa densidade de ocupação. Percurso de fuga longo.	Edificações residenciais com altura superior a 50m e edificações não-residenciais com baixa densidade de ocupação e altura superior a 28m.
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 28m.
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, estabelecimento de ensino ocupando diversos pavimentos de uma edificação, etc.); edificações não-residenciais com alta densidade de ocupação e altura superior a 28m.

^① As aplicações e exemplos destinam-se apenas a subsidiar a avaliação de situações reais, fornecendo 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.

Condições de fuga das pessoas em emergências.



oficina teórica

Assinale a única alternativa correta:

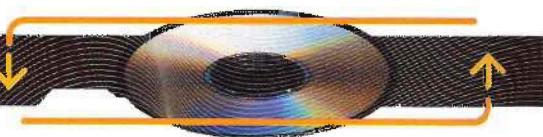
- O fator de correção de agrupamento (FCA) para cinco circuitos instalados em eletroduto é:
 - () 0,65
 - () 0,6
 - () 0,55
 - () 0,7
 - O fator de correção de temperatura (FCT) para condutores com isolação de PVC submetidos a uma temperatura de 15°C será...
 - () 1,06
 - () 1,22
 - () 1,17
 - () 1,12
 - Qual é a seção mínima para condutores dos circuitos de iluminação?
 - () 1,0mm²
 - () 2,5mm²
 - () 0,75mm²
 - () 1,5mm²
 - Qual é a seção do condutor neutro, sabendo-se que a seção dos condutores fase, num circuito trifásico é de 240mm²?
 - () 240mm²
 - () 95mm²
 - () 120mm²
 - () 150mm²
 - Qual é a seção do condutor de proteção (PE) se a seção dos condutores fase é de 70mm²?
 - () 35mm²
 - () 70mm²
 - () 50mm²
 - () 25mm²
 - A queda de tensão desde o QD, segundo a NBR 5410:2004, até o ponto mais afastado deve ser de no máximo...
 - () 7%
 - () 2%
 - () 5%
 - () 4%
 - A queda de tensão a partir do ponto de entrega, com fornecimento em tensão secundária de distribuição deve ser no máximo...
 - () 6%
 - () 5%
 - () 7%
 - () 4%
 - Complete as frases abaixo com os conceitos que tornem a frase correta.
 - Em nenhuma circunstância, o condutor de _____ poderá ser comum a vários _____.
 - Os circuitos de _____ de corrente são considerados circuitos de _____.



alta tensão

Um circuito de iluminação apresenta as seguintes características: $S=1240\text{VA}$, $v=127\text{V}$, temperatura ambiente 30°C , eletroduto de PVC embutido em alvenaria, distância média do trecho é de 6,5m. Determinar o condutor adequado para alimentar este circuito.

Interatividade



Efetue a seguinte pesquisa com relação ao fator de potência, limite de fornecimento e entrada de energia:

1. Qual é a densidade, ponto de fusão e ponto de ebulação dos condutores de cobre e alumínio?
2. Qual o grau de pureza mínima para o cobre eletrolítico e do alumínio?
3. Quais são as formas geométricas dos condutores elétricos? Descreva cada um deles.
4. De acordo com a NBR 6880, quais as classes de encordamento na fabricação dos condutores elétricos?
5. Qual a diferença entre isolação e isolamento?
6. Quais os materiais empregados na isolação de condutores elétricos? Elabore uma tabela explicando cada um deles.
7. O que é blindagem? E quais são os tipos de blindagem?

aplicando conhecimento



Condutores elétricos: conexão elétrica

Conexão elétrica significa estabelecer uma ligação entre dois ou mais pontos discretos permitindo a continuidade do fluxo de elétrons, corrente elétrica. Nas instalações elétricas em geral, as conexões são indispensáveis e fundamentais para o funcionamento correto dos circuitos.

"As conexões de condutores entre si e com outros componentes da instalação devem garantir a continuidade elétrica durável, adequada proteção e suportabilidade mecânica".



Arquivo dos autores

Tipos de conectores e terminais.

A NBR 5410:2004, determina as condições que devem ser consideradas na seleção dos meios de conexão:

- O material dos condutores, incluindo sua isolação;
- A quantidade de fios e o formato dos condutores;
- A seção dos condutores;
- O número de condutores a serem conectados conjuntamente.



→ **Nota**

- É aconselhável evitar o uso de conexões soldadas em circuitos de energia. Se tais conexões forem utilizadas, elas devem ter resistência à fluência e a solicitações mecânicas compatíveis com a aplicação.

"As conexões devem ser acessíveis para verificação, ensaios e manutenção, exceto nos seguintes casos:

- a) emendas de cabos enterrados; e
- b) emendas imersas em compostos ou seladas.

A conexão elétrica pode ser efetuada utilizando-se dos seguintes procedimentos: com conectores, terminais, emendas de condutores entre si e olhal.

Conectores e terminais

São dispositivos que têm a finalidade de interligar os condutores com equipamentos, com barramentos e condutores entre si.



Fonte: Intelis

Linha de conectores e terminais.

Fonte: Taschibra



Conector derivador.



Emendas de condutores entre si

Esta operação consiste em unir dois ou mais condutores cuja finalidade é prolongar ou derivar esses mesmos condutores.

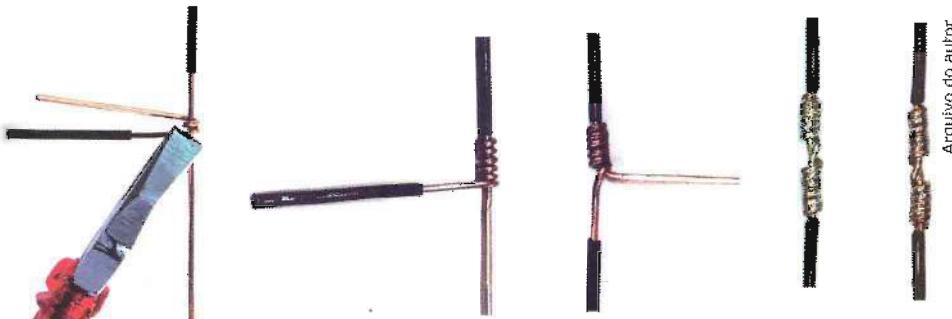


Arquivo dos autores

Diversos tipos de emendas com aplicação de solda.

As emendas de condutores entre si podem ser realizadas de três formas, de acordo com a necessidade, a saber:

- Emenda em prolongamento: Este tipo de emenda tem por finalidade unir dois condutores para dar prolongamento aos mesmos, para restabelecer a continuidade elétrica do circuito. Recomendada a sua utilização em linhas abertas.



Arquivo do autor

Seqüência de emenda em prolongamento com condutores rígidos.



Certifique-se de que todos os dispositivos utilizados para conexão sejam aprovados e regulamentados pelo Inmetro.



Remover o material isolante em 50 vezes o diâmetro do condutor rígido; 10 e 20 vezes, respectivamente, para os condutores flexíveis. Para os condutores rígidos devem ser dadas 6 voltas para cada lado.

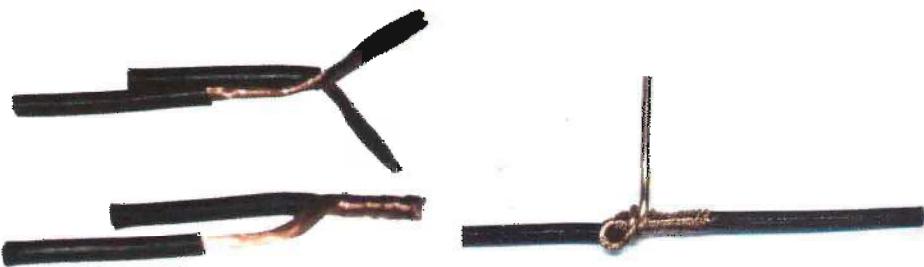




As emendas de condutores entre si é recomendada até a seção de 10mm². A partir de 16mm² utilize outros meios, tais como: conectores, luvas de emendas, etc.



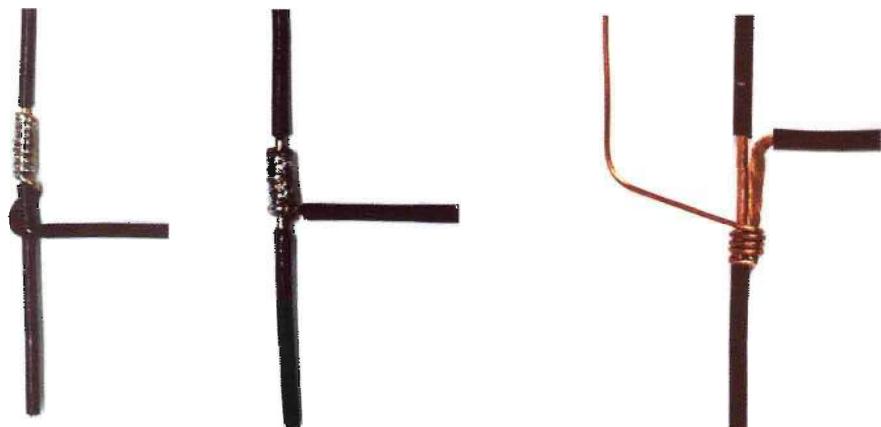
Ao remover a camada isolante, cuidado para não danificar o condutor. Caso seja utilizado canivete, cuidado para não se ferir. Jamais utilize estilete para executar esta operação.



Emenda em prolongamento com condutores flexíveis.

Emenda em prolongamento com condutores rígidos e flexíveis.

- b) Emenda em derivação: Quando se deseja tomar a energia elétrica de uma rede para derivar a um dispositivo ou a outro circuito, utiliza-se este tipo de emenda.

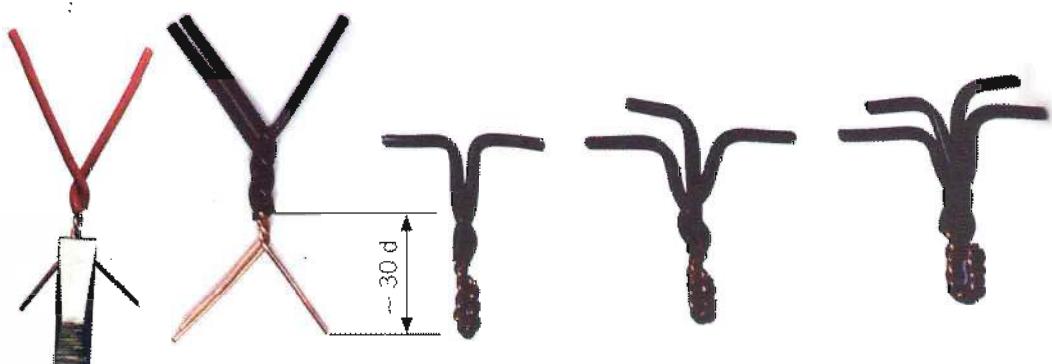


a) Derivação simples.

b) Derivação com trava.

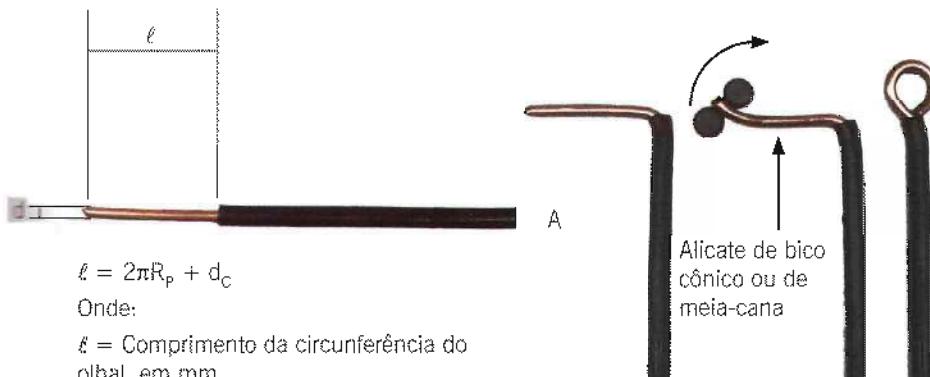
c) Derivação com condutores rígido e flexível.

- c) Emenda tipo rabo de rato ou condutores torcidos: Este tipo de emenda é utilizada em caixas de derivação ou de passagem. Esta operação tem por finalidade prolongar ou derivar os condutores para atender uma necessidade específica. É a emenda utilizada em instalações embutidas.



Emendas tipo condutores torcidos. Início e formato final.

- d) Olhal: Tem por finalidade conectar condutores rígidos diretamente aos bornes ou nas conexões de dispositivos, tais como: interruptores, tomadas, receptáculos, disjuntores, barramentos de quadros de distribuição e painéis, etc.



$$l = 2\pi R_p + d_c$$

Onde:

l = Comprimento da circunferência do olhal, em mm.

R_p = Raio do parafuso, em mm.

d_c = Diâmetro do condutor, em mm.

$\pi = 3,14\dots$

Procedimento para efetuar um olhal.

Arquivo do autor



O olhal deve ser posicionado conforme o sentido de aperto do parafuso.



Seção nominal (mm ²)	Diâmetro nominal do condutor rígido – d- (mm)	Diâmetro nominal do condutor flexível – d- (mm)
0,5	0,78	0,87
0,75	0,95	1,05
1,0	1,11	1,25
1,5	1,36	1,50
2,5	1,74	1,95
4,0	2,20	2,50
6,0	2,70	3,05
10,0	3,50	4,00
16,0	4,41	5,70

Diâmetro nominal de condutores rígidos e flexíveis (d).

Procedimento para soldar e isolar emendas de condutores entre si

Depois de efetuada as emendas conforme a necessidade e o seguimento das recomendações acima citadas procede-se a soldagem e em seguida a isolamento da emenda.



Soldagem: Consiste da aplicação de uma liga (mistura) de dois materiais: o estanho e o chumbo, e conforme a proporção pode ser utilizada para a realização de diversos tipos de trabalhos, tais como: Eletricidade, funilaria, etc.

Na aplicação de serviços em eletricidade, na soldagem de emendas de condutores elétricos é possível obter as seguintes propriedades:

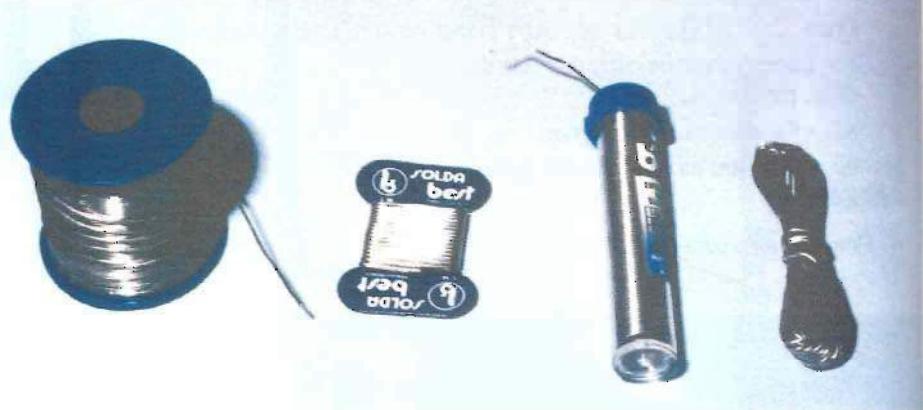
- Boas condições de condutibilidade elétrica (bom contato elétrico);
- Impedir o processo de oxidação;
- Resistir melhor aos esforços mecânicos.



"É vedada a aplicação de solda a estanho na terminação de condutores, para conectá-los a bornes ou terminais de dispositivos ou equipamentos elétricos" (NBR 5410: 2004, item 6.2.8.10).



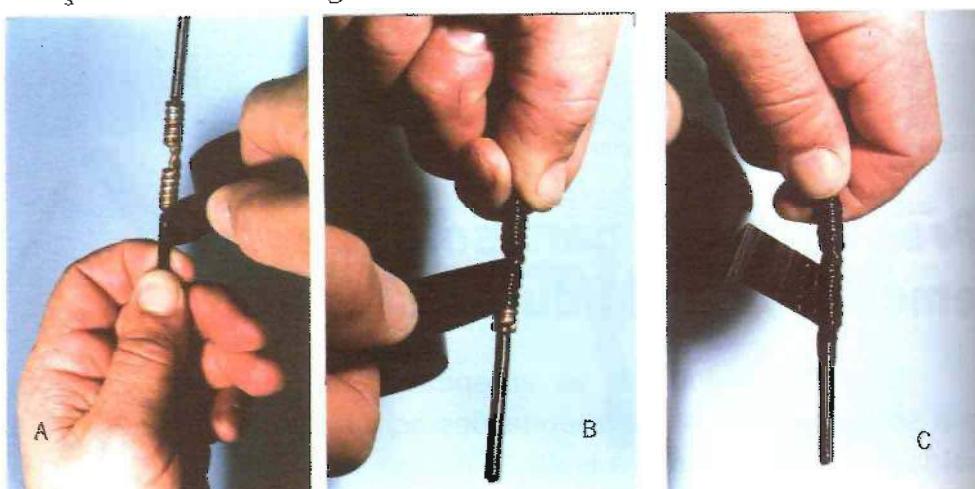
Deve-se aplicar duas camadas de fita isolante para a recomposição da isolação do condutor.



Diversos formatos de solda para aplicação em serviços com eletricidade.

Isolar emendas de condutores entre si

Esta operação consiste em aplicar uma camada de material isolante cuja finalidade é restabelecer as condições de isolamento ou cobertura de cabos elétricos em emendas e acabamentos nas instalações elétricas em geral.

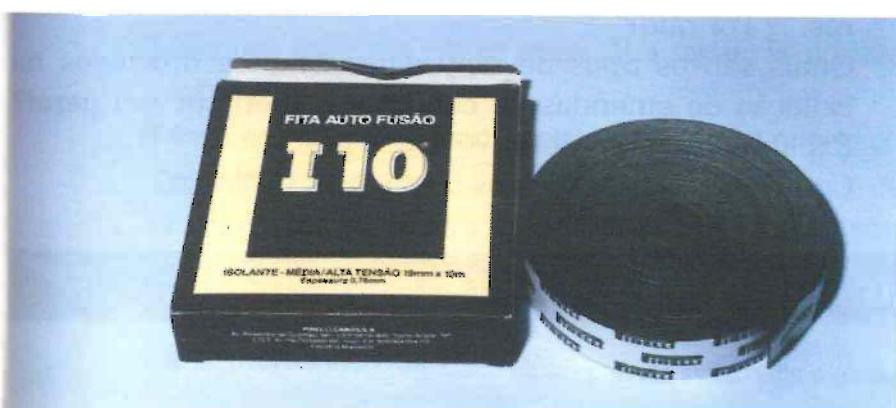


Seqüência de aplicação de fita isolante plástica.



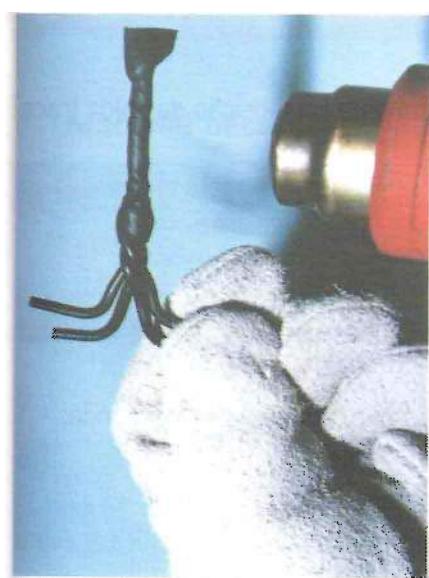
Arquivo do autor

Fita isolante plástica.



Fonte: prymian

Fita isolante de borracha (autofusão).



Arquivo do autor

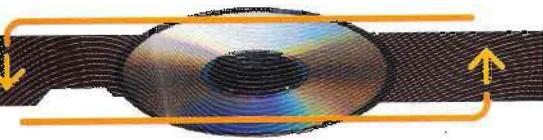


Arquivo do autor

Aplicação de isolante líquido.

Aplicação de isolante termocontrátil.



interatividade ↓

1. Cite as recomendações que devem ser observadas na execução de conexões.
2. O que são conexões bimetálicas? Qual o item da norma que enfatiza sobre este tema?
3. Quais são os acessórios para condutores elétricos?
4. O que é solda? Para que serve?
5. Quais são os cuidados que devem ser tomados ao efetuar a soldagem?
6. Quais são as condições de aplicação da soldagem?
7. Na norma NBR 5410:2004, item 6.2.8.10, diz que "é vedada a aplicação de soda na terminação de condutores...? Por quê?
8. Quais são os tipos de materiais isolantes utilizados na isolação de emendas de condutores elétricos em geral? Explique cada um deles.
9. Como são classificados os soldadores elétricos?

oficina teórica

Assinale a alternativa correta:

- a) Qual é a temperatura de fusão da solda fraca?

() 160°C () 170°C
 () 150°C () 177°C
- b) Qual é a proporção de chumbo e estanho na composição da solda fraca?

() 67% chumbo e 33% estanho;
 () 50% chumbo e 50% estanho;
 () 33% chumbo e 67% estanho;
 () 43% chumbo e 57% estanho.
- c) Para que finalidade são feitas as soldagens em emendas de condutores elétricos?

() Para preencher os espaços vazios entre as espiras da emenda;
 () Para que a emenda fique mais resistente;
 () Soldagem das emendas não é fundamental;
 () Para obter bom contato elétrico, boa resistência mecânica e evitar a oxidação.

- d) Isolar condutores significa:
- () Restabelecer as condições de isolamento dos condutores elétricos;
 - () Passar uma camada de fita isolante sobre o condutor;
 - () Camuflar a emenda para que não fique visível;
 - () Melhorar o contato elétrico das 5 emendas dos condutores elétricos.
- e) Coloque um "V" ou "F" nos parênteses à esquerda, conforme os conceitos sejam considerados verdadeiros ou falsos.
- () A isolação da extremidade do condutor pode ser removida com canivete.
 - () A soldagem pode ser feita com a ponta do ferro de soldar não muito quente.
 - () Não se deve lixar fios estanhados.
 - () Ao isolar a emenda, deve-se cuidar para que cada volta da fita isolante recubra metade da volta anterior.
 - () Para uma boa soldagem, os elementos a soldar não precisam estar limpos.
 - () A emenda deve ter o maior contato possível com o ferro de soldar durante a soldagem.
 - () Para uma boa soldagem, a solda deve "escorrer" sobre a emenda.
 - () O desoxidante mais usado é o breu ou pastas ácidas para soldar.
 - () Para uma boa isolamento, basta aplicar apenas uma camada de fita isolante sobre a emenda.

laboratório



Material necessário

Quant.	Unid.	Especificação
1	m	Condutor rígido de 2,5mm ² ,
0,5	m	Condutor flexível de 1,5mm ² .
1	pç.	Canivete.
1	pç.	Alicate universal.
1	pç	Alicate de bico chato.
2	m	Solda de 1mm.
1	rl	Fita isolante.
1	pç	Alicate para terminais .
div	div	Terminais tipo forquilha, olhal, pino, snap on.
1	pcr	Luva de vaspas.





1. Use as ferramentas corretamente.
2. A solda sempre deve ser feita logo após efetuada a emenda.
3. Diâmetro (d) (vide tabela da página 351).



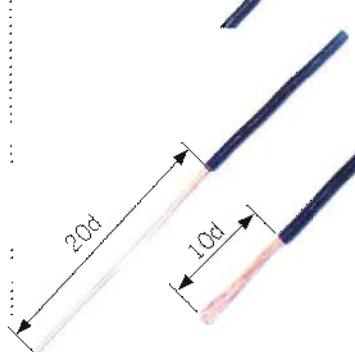
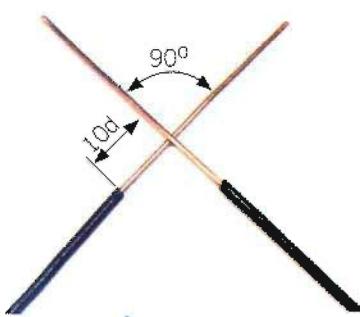
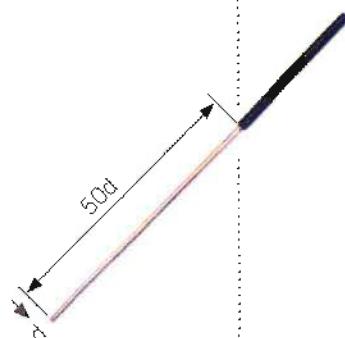
Ao remover a isolacão com o auxílio do canivete, cuidado para não danificar ou cortar o condutor.

Efetue as emendas

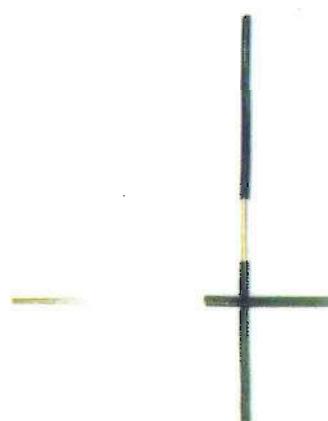
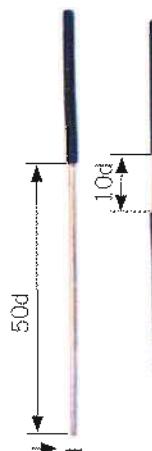
1. Pegue pedaços de condutores com seção de no máximo $4,0\text{mm}^2$ e efetue as seguintes emendas:

Recomendação: Antes de iniciar esta atividade, observe as figuras e leia as informações que vêm logo abaixo da cada tipo de emenda.

Prolongamento com condutores rígidos e com condutores flexíveis



Derivação simples





Derivação com trava



Arquivo do autor

Uma emenda de qualidade deve conter pelo menos seis voltas ou espiras bem apertadas, devidamente soldadas e isoladas com pelo menos duas camadas de fita isolante de boa qualidade. Emendar não é simplesmente engatar condutores.



Condutores torcidos (Rabo de rato) — com dois, três e quatro condutores.

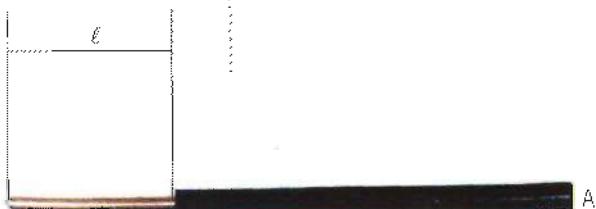


Arquivo do autor

A isolação das emendas pode ser feita com isolante termocontrátil.



Olhal



$$\ell = 2\pi R_p + d_c$$

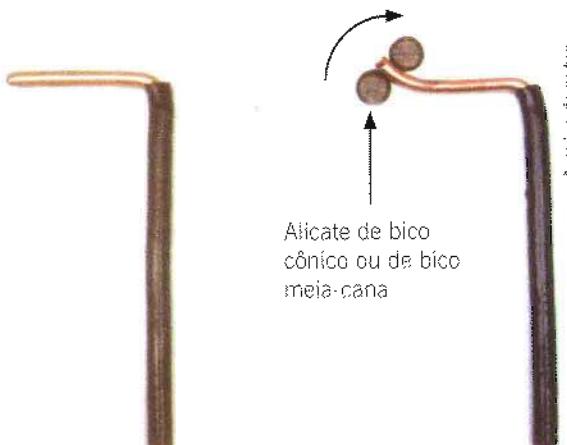
Onde:

ℓ = Comprimento da circunferência do olhal, em mm.

R_p = Raio do parafuso, em mm.

d_c = Diâmetro do condutor, em mm.

$\pi = 3,14\dots$



Arquivo do autor

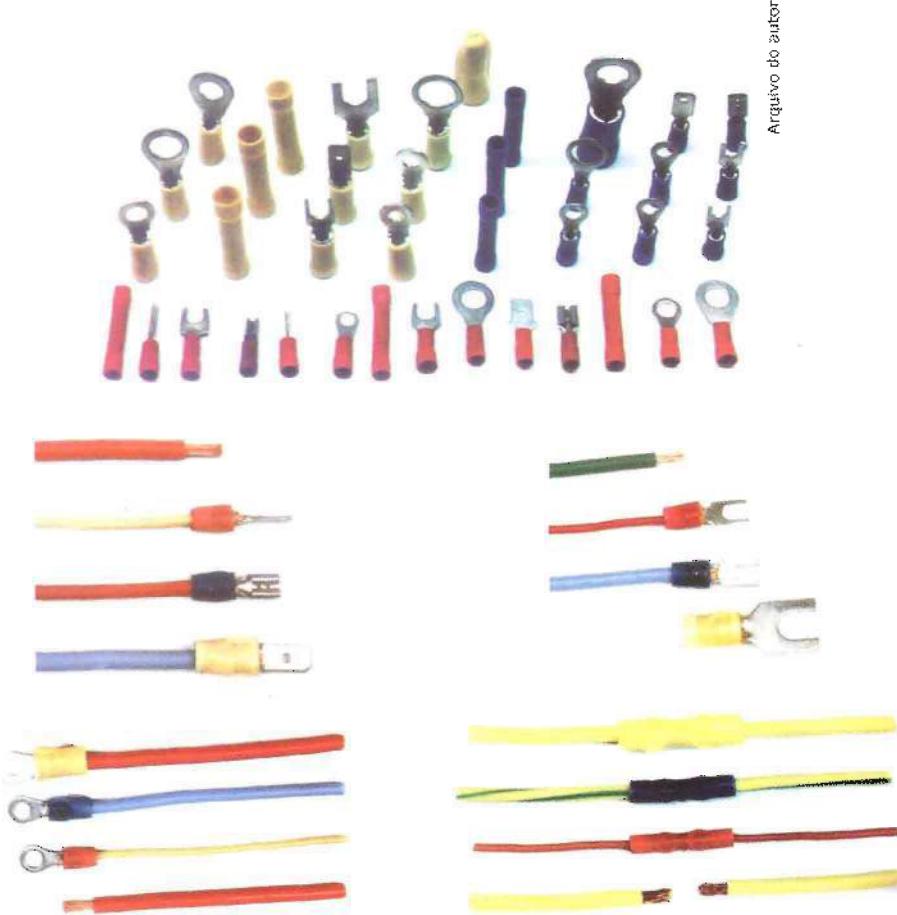
2. Providencie alguns tipos de terminais e emendas pré-isolados, conforme a figura abaixo, e pedaços de condutores flexíveis de seção $1,0\text{mm}^2$, $1,5\text{mm}^2$ e $2,5\text{mm}^2$ e efetue as tarefas conforme as figuras abaixo.



O olhal deve ser fixado observando-se o sentido do aperto do parafuso.



Utilize a abertura do alicate que corresponde ao diâmetro do terminal ou emenda. Exerça o máximo de compressão possível no alicate para melhor contato elétrico.



Arquivo do autor

Proteção em instalações elétricas

A instalação elétrica quer seja residencial, comercial, ou industrial estará sempre sujeita a determinadas ações, muitas vezes involuntárias e incontroláveis, podendo ocasionar acidentes. É importante, portanto, garantir a funcionalidade do sistema sob quaisquer condições de operação. O dispositivo de proteção tem como função proporcionar a segurança na rede elétrica que evita acidentes provocados por alterações da corrente devido a possíveis falhas, manobras inadvertidas ou uso incorreto da instalação. Por isso, é fundamental a existência de um sistema de proteção eficiente, para evitar qualquer tipo de dano à instalação, bem como prejuízos advindos de interrupção do fornecimento.



Aparelhos de proteção em instalações elétricas.

Fonte: Pial - Legrand e Siemens



instalações
elétricas prediais



aplicando conhecimento

Proteção dos circuitos

Os circuitos elétricos são constituídos, dentre outros elementos, de condutores e equipamentos. O dispositivo de proteção, parte integrante e fundamental do circuito, tem por função proteger os condutores e equipamentos automaticamente antes de provocar qualquer dano aos mesmos.

Os dispositivos de proteção são classificados em proteção contra sobrecorrentes (sobrecarga e curto-círcuito); e proteção contra choques elétricos.

Os dispositivos de proteção contra sobrecorrentes são equipamentos elétricos que têm como finalidade permitir o controle, conduzir e interromper correntes em condições normais de operação dos circuitos e, também interromper as correntes anormais.

São capazes de proteger os circuitos contra as correntes de sobrecargas e/ou correntes de curto-círcuito.

Vamos analisar alguns conceitos importantes que fazem parte dos dispositivos de proteção.

Corrente nominal

A corrente nominal é a maior corrente conduzida pelo disjuntor de modo permanente sob a tensão nominal. Neste caso, não há elevação de temperatura acima do valor especificado e o disparador de tempo longo não é acionado. Usualmente, é a corrente mínima e necessária para o funcionamento de uma carga.

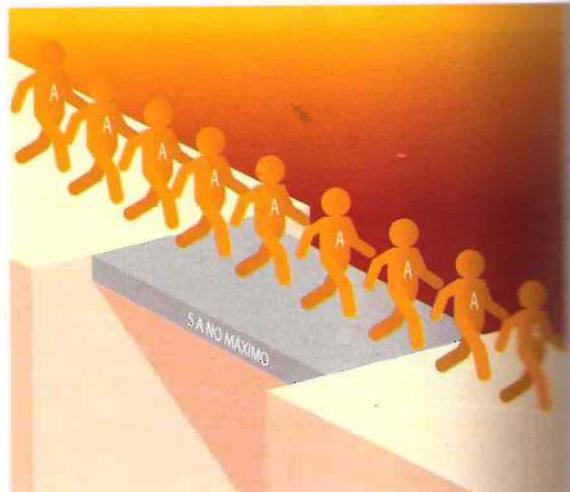


Ilustração da corrente nominal.

Sobrecorrente

São correntes cujos valores excedem aos valores da corrente nominal. As sobrecorrentes têm origem numa solicitação de corrente que ultrapassa aos valores determinados no projeto elétrico (sobrecarga) ou por falta elétrica (curto-círcuito).



Correntes de sobrecarga

É uma sobrecorrente sem que haja falta elétrica, de longa duração e de valor pouco acima da corrente nominal e que provoca a operação do disparo térmico de um disjuntor termomagnético. Normalmente, as sobrecargas são provocadas por imprudência do usuário ou do profissional.

Corrente de curto-círcuito

É uma sobrecorrente de alta intensidade, proveniente de falhas graves (falha de isolamento para a terra, para o neutro, ou entre fases distintas) e produzem correntes elevadíssimas.

É uma corrente com valor muitas vezes superior à capacidade de condução de corrente do condutor.



Ilustração da corrente de sobrecarga.

Fonte: Schneider/Procabre



Fonte: Schneider/Procabre

Ilustração da corrente de curto-círcuito.

Corrente de projeto

É a corrente máxima prevista em um circuito, em condições normais de funcionamento. É a corrente utilizada para o dimensionamento dos condutores (corrente máxima e queda de tensão) e dispositivo de proteção.



A corrente de sobre-carga poderá causar danos à isolamento do condutor que poderá provocar o curto-círcuito e como consequência resultar no incêndio.



instalações
elétricas de
prédios

Corrente de ruptura, capacidade de ruptura ou de interrupção

É o valor da corrente de interrupção presumida que o dispositivo de proteção é capaz de interromper, sob uma tensão dada em condições estabelecidas pela norma. Significa o maior valor da corrente de curto-círcuito que o dispositivo é capaz de interromper, sem soldar os contatos ou explodir. O valor da capacidade de interrupção, em kA, é um dado de placa dos dispositivos de proteção, garantido pelo fabricante, conforme ensaios normalizados.



Quanto ao tipo de proteção, usamos os seguintes dispositivos:

- sobrecarga: Relés térmicos ou bimetálicos, utilizados para proteção de motores elétricos.
- curto-círcuito: Fusíveis, disjuntores magnéticos.
- sobrecarga e curto-círcuito: Disjuntores termomagnéticos.
- choques elétricos e perigos de incêndios: Disjuntores diferenciais residuais (DR), que podem ser providos de dispositivo termomagnético acoplado.
- sobretensões: Pára-raios tipo Franklin, pára-raio de distribuição tipo válvula, relés de sobretensão e DPS-Dispositivo de Proteção contra Surto.

Dispositivos de proteção

Disjuntor termomagnético

O disjuntor termomagnético é um dispositivo mecânico que por longos períodos permanece na condição estável de funcionamento e repentinamente é solicitado a interromper correntes dezenas ou centenas de vezes maior que a corrente nominal em menor tempo possível.

Cumpre três funções básicas:

a) Manobra manual

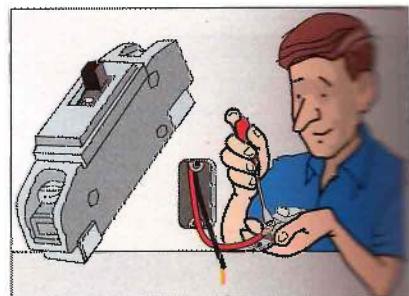
Permite abrir e fechar os circuitos, "operando-o como um interruptor, seccionando somente o circuito necessário para uma eventual manutenção" ou instalação de novos equipamentos.

b) Proteger a fiação ou mesmo os aparelhos

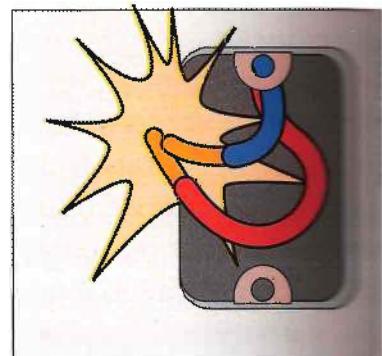
Contra as correntes de sobrecarga por meio do seu disparador ou dispositivo térmico.

c) Proteger a fiação

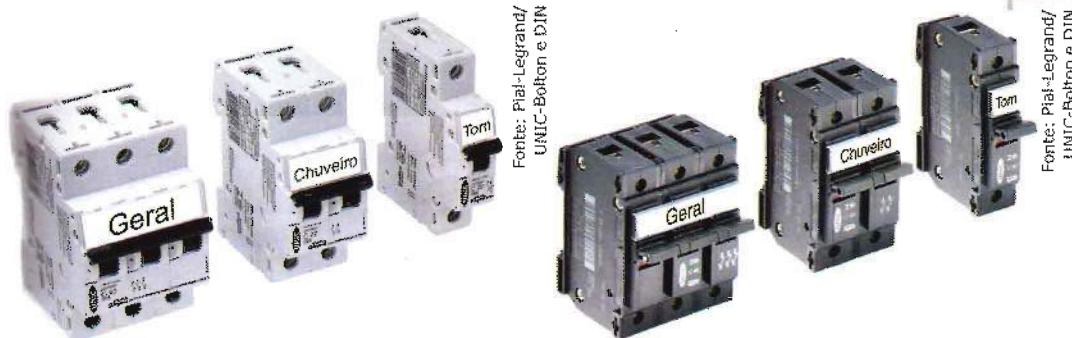
Contra as correntes de curto-círcito por meio do seu disparador ou dispositivo magnético.



Montagem de equipamento.



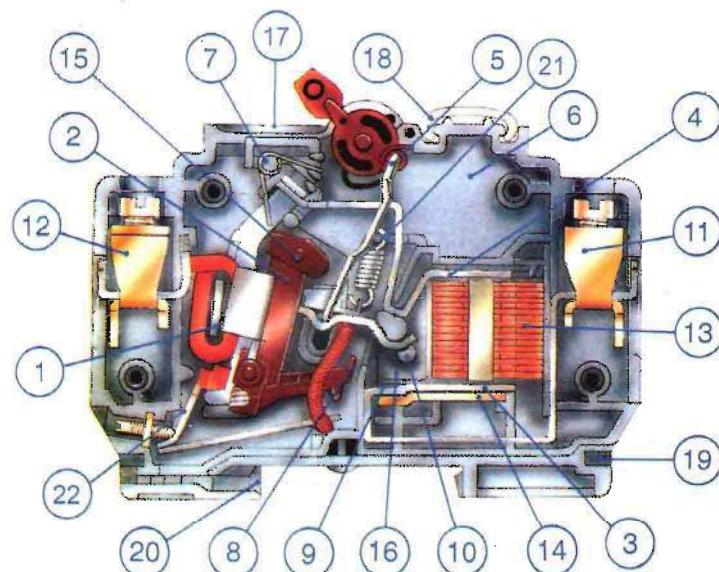
Curto-círculo.



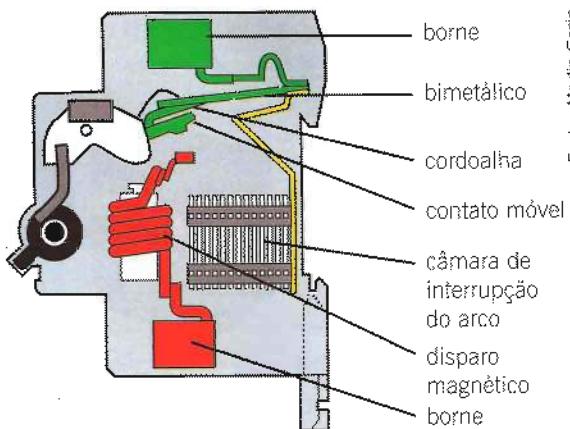
Disjuntores termomagnéticos.

O disjuntor termomagnético é constituído de diversos componentes, tais como:

1. Disparador magnético bobinado;
2. Suporte (mecanismo de disparo independente da alavanca);
- 3/4. Eletrodo;
5. Cavalete;
6. Caixa isolante em poliamida reforçada;
7. Mola de regulação magnética;
8. Acelerador;
- 9/10. Pastilhas de contato em material sinterizado (liga de prata);
- 11/12. Terminais protegidos com aperto elástico para cabos ou barras;
13. Câmara de extinção com nove lâminas deionizantes;
14. Plaqueta de reforço magnético;
15. Acoplamento interno nos bipolares e tripolares;
16. Plaqueta de isolação térmica e dielétrica;
17. Identificação indelével;
18. Porta – etiqueta;
- 19/20. Dupla fixação;
21. Mola da alavanca de manobra;
22. Elemento de disparo térmico.



Vista interna do disjuntor UNIC-Bolton.

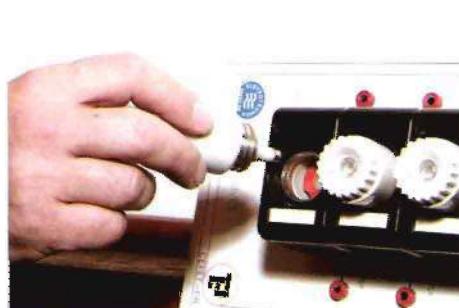


Fonte: Merlin Gerin

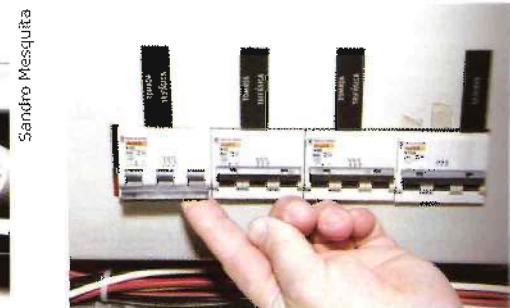
Vista interna do disjuntor tipo DIN.

Características do disjuntor termomagnético

- Os disjuntores termomagnéticos têm a mesma função dos fusíveis. Entretanto, se queimar é preciso substituí-lo. Caso ocorra o desligamento é só religá-lo.



Se queimar é preciso substituí-lo.



Caso ocorra o desligamento é só religá-lo.



Antes da substituição ou do religamento verifique a causa que levou à queima do fusível e ao desligamento do disjuntor.

- Os disjuntores termomagnéticos de caixa moldada são os mais utilizados em instalações elétricas prediais de baixa tensão.
- De construção compacta, são montados em caixa de material isolante (Poliamida e poliéster), servindo para suportar e abrigar suas partes componentes.
- Possuem dispositivo de acionamento manual e são equipados com disparadores contra sobrecarga (disparador térmico) e contra curto-círcuito (disparador magnético).
- Os disjuntores mais sofisticados são providos de ajuste para atuação dos disparadores eletromagnéticos e térmicos e disparadores de subtensão (bobina de mínima).

- Para a especificação correta do disjuntor termomagnético, o projetista deve levar em consideração os seguintes itens: a) Número de pólos; b) Corrente nominal (A); c) Tensão nominal (V); d) Freqüência (Hz); e) Capacidade de interrupção (kA); f) Faixa de ajuste do disparador magnético (opcional); e g) Faixa de ajusto do disparador térmico (Opcional).
- Os disjuntores termomagnéticos são montados em Quadros de Distribuição (QDs).

Proteção contra sobrecorrente

Todo circuito terminal deve ser protegido contra sobrecorrentes por dispositivo que assegure o seccionamento simultâneo de todos os condutores de fase:

→ Nota

- Isso significa que o dispositivo de proteção deve ser multipolar, quando o circuito for constituído de mais de uma fase. Dispositivos unipolares montados lado a lado, apenas com suas alavancas de manobra acopladas, não são considerados dispositivos multipolares.

Tabela de capacidade, de atuação e não-atuação dos disjuntores termomagnéticos

Norma de referência		NBR 5361:1998											
Freqüência		50/60Hz											
Correntes nominais (A)	Unipolares	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	90	100
	Bipolares/Tripolares	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	90	100
Limiar de atuação magnética	10 a 70A	5 a 20 ln (Curva C)											
	90 a 100A	10 a 20 ln (Curva D)											
Número de pólos		1	2	3									
Capacidade de interrupção (kA) e Tensão de funcionamento(V~)	127V~	5,0	-	-									
	220V~	3,0	5,0	5,0									
	380V~	-	3,0	3,0									

Fonte: phi-Legrand...

Características elétricas dos disjuntores UNIC - Bolton.



Norma de referência		NBR NM 60898					
Freqüência		50/60Hz					
Correntes nominais (A)		Unipolares				10 16 20 25 32 40 50 63	
		Bipolares/Tripolares				10 16 20 25 32 40 50 63	
Limiar de atuação magnética		10 a 63A				5 a 10 In (Curva C)	
		Número de pólos				1	2
		Capacidade de interrupção (kA) e Tensão de funcionamento(V~)				127V~	5,0
		220V~				3,0	5,0
		380V~				-	3,0
						3,0	3,0

Características elétricas dos disjuntores UNIC Din.

		Unipolar, bipolar e tripolar					
Corrente nominal (A)	5SX - 0,5 1 2 4 6 10 13 16 20 25 32 40 50 63 70 80 ¹⁾	5SP ²⁾ ... 63 80 100 125					
1) 80A – Somente com disparador de curto-círcuito. 2) Unipolar, bipolar, tripolar e tretrapolar.							

Disjuntores termomagnéticos 5SX e 5SP - Siemens (Curva B e C).

Tipo de disparador térmico	Corrente nominal ou de ajuste In (A)	Corrente convencional de não-atuação	Corrente convencional de atuação	Tempo convencional (h)	Temperatura ambiente de referência
De acordo com a IEC 947					
Não-compensado	In ≤ 63	1,05	1,35	1	20°C ou 40°C salvo indicação em contrário
	In > 63	1,05	1,25	2	
De acordo com a NBR 5361					
Compensado	In ≤ 63	1,05	1,30	1	+ 20°C
		1,05	1,40	1	- 5°C
		1,00	1,30	1	+ 40°C
	In > 63	1,05	1,25	2	+ 20°C
		1,05	1,35	2	- 5°C
		1,00	1,25	2	+ 40°C

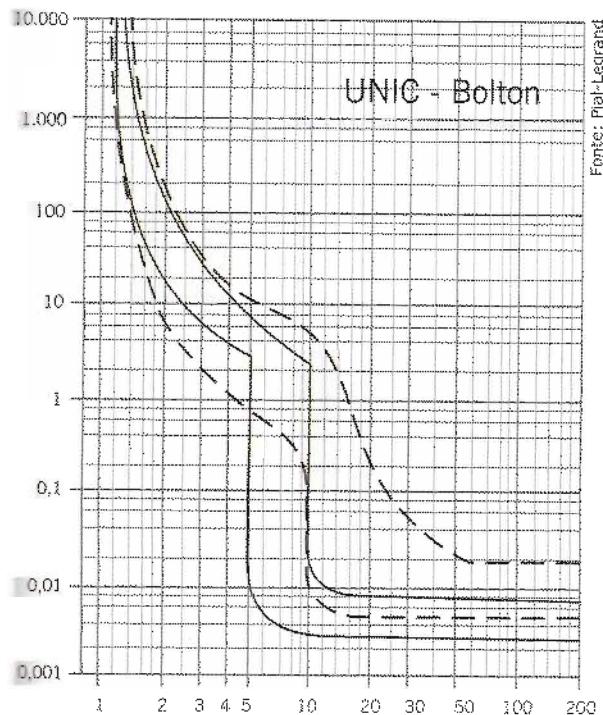
Correntes convencionais de atuação, de não-atuação e tempos convencionais para disjuntores termomagnéticos.



A temperatura de referência para disjuntores termomagnéticos padrão norte-americano é geralmente de 25°C ou 40°C, e para o padrão europeu é de 20°C ou 40°C.

Curva de atuação (disparo) dos disjuntores termomagnéticos

Curvas para disjuntores UNIC – Bolton e DIN

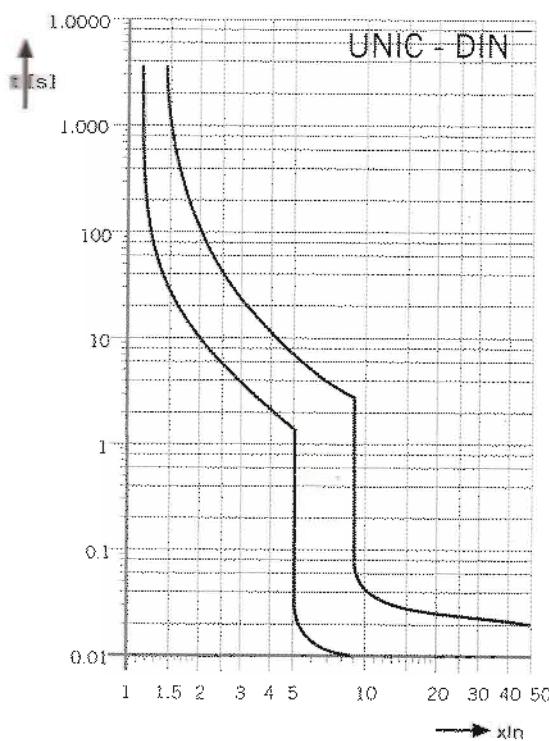


Característica de atuação com partida a frio a uma temperatura ambiente de 20°C. Disjuntores de 10 a 70A.

Característica de atuação com partida a frio a uma temperatura ambiente de 40°C. Disjuntores de 90 e 100A.

I = Corrente efetiva.

I_{n} = Corrente nominal do disjuntor.



Característica de atuação com partida a frio a uma temperatura ambiente de 30°C. Disjuntores de 10 a 63A.

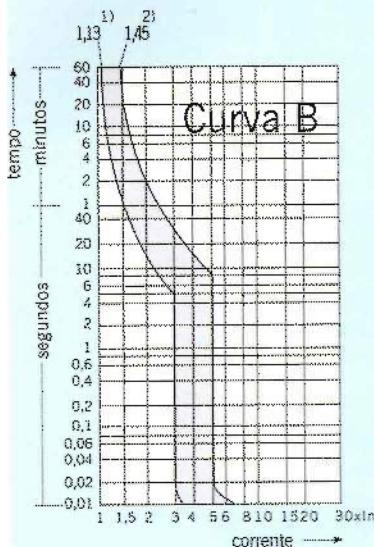
I = Corrente efetiva.

I_{n} = Corrente nominal do disjuntor.

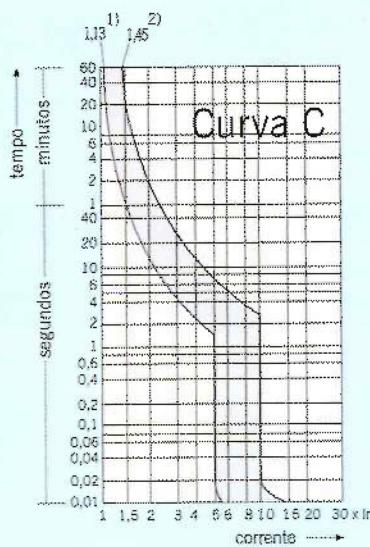


Curvas dos disjuntores Siemens

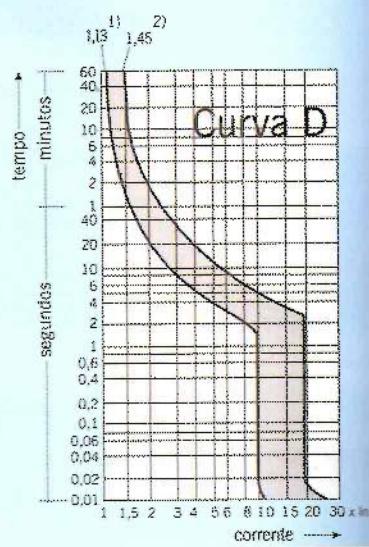
Curva B



Curva C



Curva D



1. Corrente convencional de não-atuação (int).
2. Corrente convencional de atuação (lt).

As normas ABNT NM 60898:2004, NBR IEC 60898 e IEC 60898 definem para o disparo instantâneo, em geral magnético, as faixas de atuação B, C e D.

Curva	Tipos de circuitos e cargas	Faixa de disparo
A	Proteção limitada para semicondutores; Proteção de circuitos de medição com transformadores; e proteção de circuitos com cabos longos.	Denominada de curva padrão 2 ln a 3 ln
B	Cargas sensíveis, eletrônicas ou resistivas em circuitos exclusivos com linhas extensas.	3 ln a 5 ln
C	Cargas genéricas em instalações residenciais ou similares e/ou eletrodomésticos em geral.	5 ln a 10 ln
D	Cargas genéricas com corrente elevada no fechamento, como por exemplo, cargas indutivas (motores).	10 ln a 20 ln

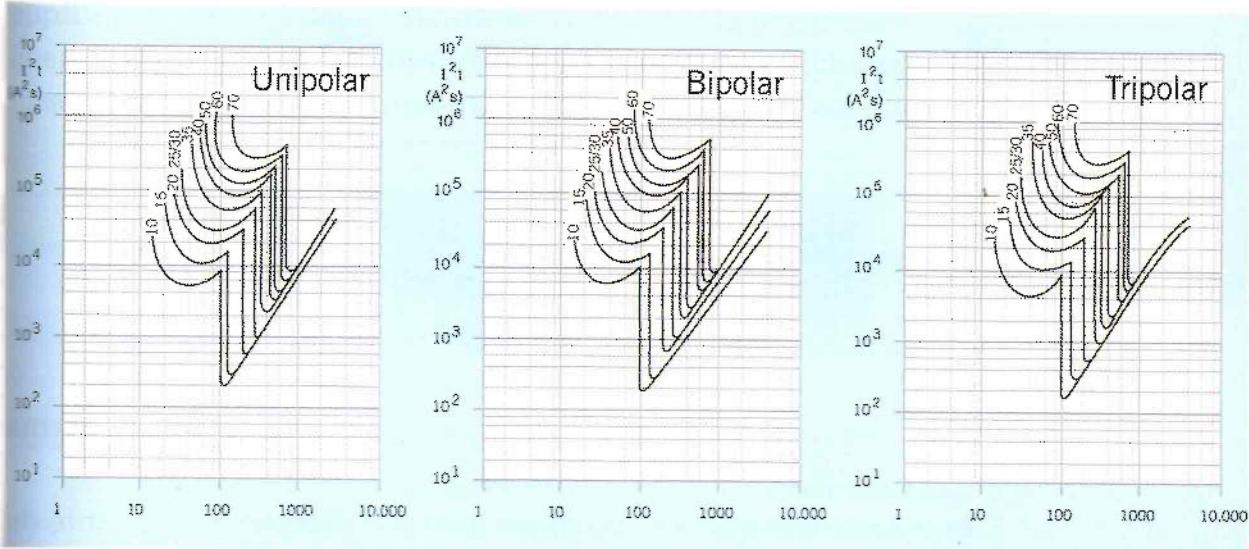
Nas instalações elétricas "as cargas apresentam comportamentos diferentes, de acordo com as características de partida ou mesmo alterações nas correntes durante o funcionamento. Portanto, o profissional deve estar atento a estas características técnicas das cargas, quando da definição dos dispositivos de proteção".

"Especificação incorreta da curva de disparo magnético pode provocar atuações indesejadas dos disjuntores, interrompendo

alimentações em momentos inadequados, provocando insatisfação do usuário, podendo, inclusive, causar danos à instalação e equipamentos".

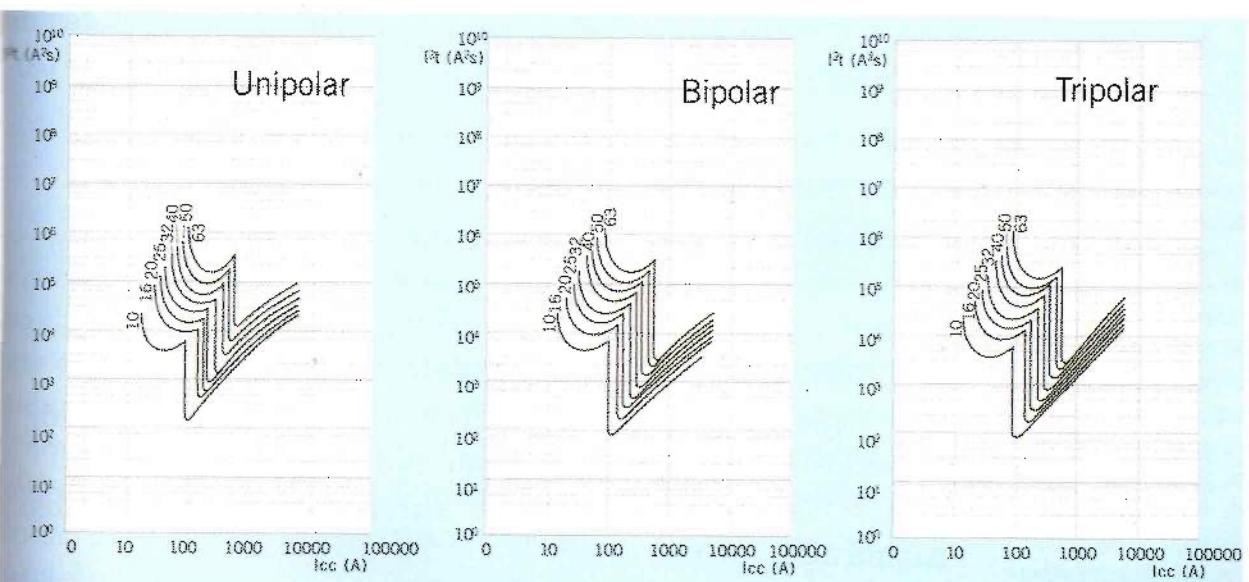
Curvas características I^2t (Integral de Joule)

Curvas características I^2t (Integral de Joule) – Disjuntores UNIC – Bolton



Fonte: Pial-Legrand

Curvas características I^2t (Integral de Joule) – Disjuntores UNIC – DIN



Fonte: Pial-Legrand

I_{cc} = Corrente simétrica de curto-circuito presumida.



Instalações
elétricas prediais



Dimensionamento de disjuntores

A NBR 5410:2004 impõe condições que devem ser cumpridas para que haja uma perfeita coordenação entre os condutores vivos de um circuito e o dispositivo que os protege contra correntes de sobrecarga e contra curtos-circuitos.

Proteção contra correntes de sobrecarga

Para que a proteção dos condutores contra sobrecargas fique assegurada, as características de atuação do dispositivo destinado a provê-los devem ser tais que atendam as seguintes condições:

$$a) I_p \leq I_n \leq I_z$$

\uparrow
 I_c

$$b) I_2 \leq 1,45 \times I_z$$

\uparrow
 I_c

Onde:

I_p = Corrente de projeto do circuito, em ampère (A). A norma trata como I_B .

I_n = Corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação, em ampère (A), tabelas das páginas 363 e 364.

I_z = Capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para a sua instalação, submetidos aos fatores de correção eventuais das tabelas páginas 322 a 325 em ampère (A).



A condição b) é aplicável quando for possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores (ver página 327) 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. Quando isso não ocorrer, a condição da alínea b) deve ser substituída por: $I_2 \leq I_z$.

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT$$

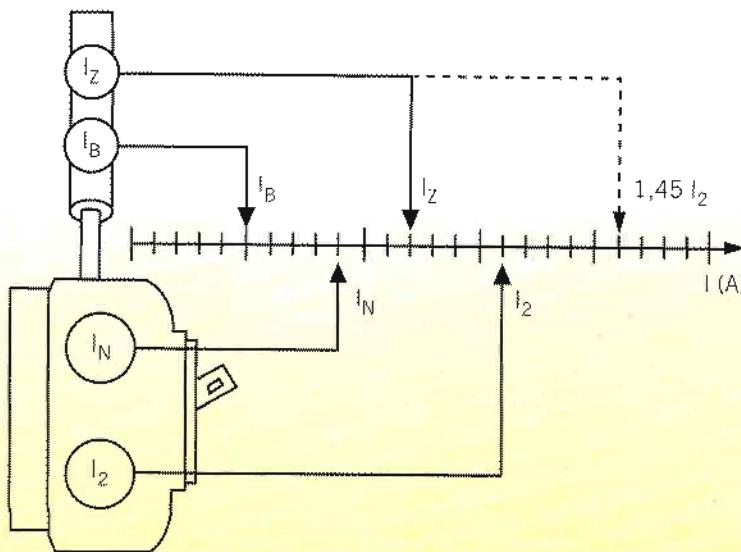
Onde:

I_z = Corrente corrigida, em ampères (A).

I_c = Capacidade limite de condução de corrente do condutor, em ampères (A), tabelas das páginas 322 a 325.

FCA = Fator de Correção de Agrupamento dos circuitos, página 328.

FCT = Fator de Correção de Temperatura (página 327).



Fonte: Bitcino

Condições de atuação contra sobrecarga (NBR 5410:2004).

As correntes características do conjunto condutores-dispositivos de proteção devem atender às seguintes condições:

- A corrente nominal do dispositivo de proteção, I_N , não deve ser inferior à corrente de projeto do circuito, I_B ; assim evita-se a atuação do dispositivo quando o circuito funciona normalmente.
- A corrente nominal do dispositivo de proteção, I_N , não deve ser superior à capacidade de condução de corrente, I_Z , dos condutores; assim o disjuntor deve ficar “sobrecarregado” quando ocorrer uma sobrecarga no circuito.
- A corrente de projeto do circuito, I_B , não deve ser superior à capacidade de condução dos condutores, I_Z .

Quando o circuito é sobrecarregado de 45%, isto é, quando a corrente é igual a 1,45 vezes a capacidade de condução de corrente I_Z , o dispositivo de proteção deve atuar em uma hora (ou em duas horas, para os dispositivos maiores). Essa condição é imposta pela norma para garantir a atuação do dispositivo e evitar o aquecimento prejudicial dos condutores. Observa-se que para sobrecorrentes inferiores à indicada, o disjuntor também deve atuar, porém num tempo mais longo (fora das características de atuação).

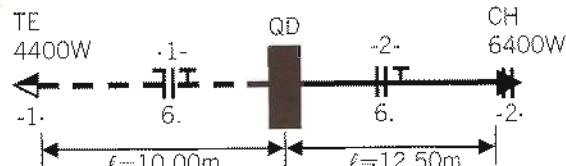


→ Exemplos



Os disjuntores devem ser dimensionados em função da capacidade máxima admissível pelos condutores.

- Dimensionar os disjuntores para os circuitos de torneira elétrica e chuveiro conforme características abaixo, que corresponde ao exercício 1 da página 337.



Círculo 1 = 4400W $I_p = 34,65A$
Tensão = 127V
Círculo 2 = 6400W $I_p = 29,1A$
Tensão = 220V

Solução

D – Dimensionamento dos disjuntores

FCA = 1,0 – Tabela página 328 – 1 circuito no eletroduto. FCT = 1,0(30°C) (Tabela página 327).

In = Tabela página 363.

Círculo 1

A seção para o Neutro, Fase e Proteção (PE) é 6mm².
 $I_c = 41A$ – Seção 6mm²

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 41 \times 1,0 \times 1,0$$

$$I_z = 41A$$

Círculo 2

A seção para as Fases e Proteção (PE) é 4mm².
 $I_c = 32A$ – seção 4mm²

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 32 \times 1,0 \times 1,0$$

$$I_z = 32A$$

Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QD

(Sem ventilação) – $30^\circ C + 10^\circ C = 40^\circ C \Rightarrow FCT = 0,87$ (Tabela página 327)

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{disjuntor} = \frac{34,65}{0,87} \Rightarrow I_{disjuntor} = 39,8A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$34,65A \leq 39,8A \leq 41A$$

$$34,65A \leq 40A \leq 41A$$

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{disjuntor} = \frac{29,1}{0,87} \Rightarrow I_{disjuntor} = 33,5A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$29,1A \leq 33,5A \leq 32A$$

$$29,1A \leq 35A \leq 32A$$

Com esse disjuntor e seção do condutor 4 mm², a inequação não é atendida. Portanto, deve-se proceder o recálculo do circuito para seção dos condutores imediatamente superior.

... 41A... Seção dos condutores 6mm².

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \quad I_z = 41 \times 1,0 \times 1,0$$

$$I_z = 41A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$29,1A \leq 35A \leq 41A$$

Para o Círculo 2 adota-se...

Disjuntor termomagnético bipolar de 40A.

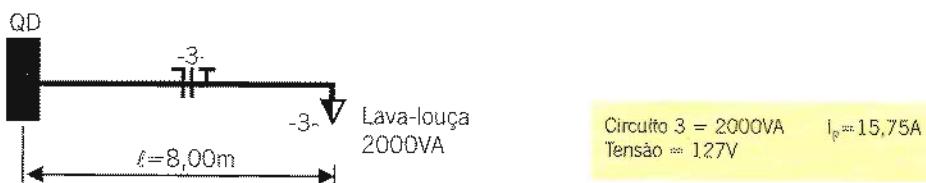
Seção dos condutores fases e proteção (PE) 6mm².

Para o circuito 1, tanto o disjuntor como a seção dos condutores a inequação é plenamente atendida, portanto...

Disjuntor termomagnético unipolar de 40A.

Seção dos condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 6mm².

2. Dimensionar o disjuntor para um circuito da lavadora de louças, conforme características abaixo, que corresponde ao exercício 2 da página 338.



Solução:

D – Dimensionamento dos disjuntores

FCA = 1,0 – Tabela página 338 – 1 circuito no eletrodoméstico. FCT = 1,0(30°C) (Tabela página 327).
 I_n = Tabela página 363.

Círculo 3

Seção dos condutores do circuito 3 é 2,5mm² para o Neutro, Fase e Proteção (PE).

$I_c = 24\text{A}$ – seção 2,5mm²

Cálculo da Capacidade de condução de corrente (I_z)

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \geq I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \geq I_z = 24\text{A}$$

Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QD.

(Sem ventilação) $\geq 30^\circ\text{C} + 10^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C} \geq FCT = 0,87$

(Tabela página 327)

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \geq I_{disjuntor} = \frac{15,75}{0,87} \geq$$

$$I_{disjuntor} = 18,1\text{A}$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$16,54\text{A} \leq 18,1\text{A} \leq 24\text{A}$$

$$16,54\text{A} \leq 20\text{A} \leq 24\text{A}$$

(Com ventilação) $- 30^\circ\text{C} - FCT = 1,0$

(Tabela página 327)

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \geq I_{disjuntor} = \frac{15,75}{1,0} \geq$$

$$I_{disjuntor} = 15,75\text{A}$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

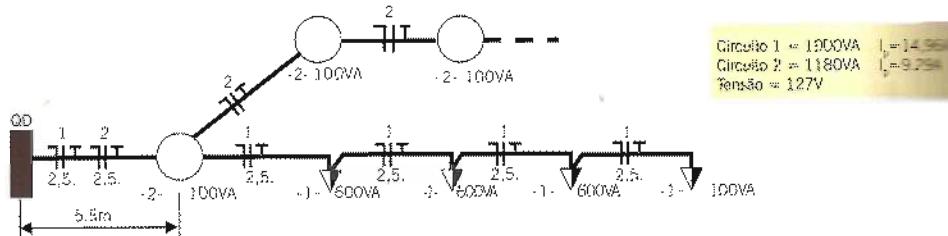
$$15,75\text{A} \leq 15,75\text{A} \leq 24\text{A}$$

$$15,75\text{A} \leq 20\text{A} \leq 24\text{A}$$

Para o circuito 3, tanto para o QD ventilado como sem ventilação, o disjuntor bem como a seção dos condutores a inequação é plenamente atendida, portanto...

Disjuntor termomagnético unipolar de 20A.
 Seção dos condutores Neutro, Fase e Proteção (PE)
 2,5mm².

3. Dimensionar os disjuntores para proteger os circuitos de iluminação e tomadas de uso geral (TUG) conforme características abaixo, que corresponde ao exercício 3 da página 339.



Solução:

D – Dimensionamento dos disjuntores

FCA = 0,8 – Tabela página 328 – 2 circuito no eletroduto. FCT = 1,0(30°C) Tabela página 327.

I_n = Tabela página 363.

Círcuito 1

Circuitos de pontos de tomadas

Condutor seção mínima 2,5mm².

$I_c = 24A$ - seção 2,5mm²

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \geq I_z = 24 \times 0,8 \times 1,0$$

$$I_z = 19,2A$$

Círcuito 2

Circuitos de iluminação

Condutor seção mínima 1,5mm².

$I_c = 17,5A$ - seção 1,5mm²

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \geq I_z = 17,5 \times 0,8 \times 1,0$$

$$I_z = 14A$$

Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QD

(Sem ventilação) - $30^\circ C + 10^\circ C = 40^\circ C \geq FCT = 0,87$ (página 327)

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \geq I_{disjuntor} = \frac{14,96}{0,87} \geq I_{disjuntor} = \frac{9,29}{0,87} \geq$$

$$I_{disjuntor} = 17,2A$$

$$I_{disjuntor} = 10,7A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$14,96A \leq 17,2A \leq 19,2A$$

$$14,96A \leq 20A \leq 19,2A$$

Para o circuito 1, tanto o disjuntor como a seção dos condutores a inequação é plenamente atendida, portanto...

Disjuntor termomagnético unipolar de 20A.

Seção dos condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 2,5mm².

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$9,29A \leq 10,7A \leq 14A$$

$$9,29A \leq 15A \leq 14A$$

Para o circuito 2, tanto o disjuntor como a seção dos condutores a inequação não é plenamente atendida, portanto, deve-se proceder o recálculo para a seção do condutor imediatamente superior.

$$I_c = 24A \dots \text{seção } 2,5mm^2$$

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \quad I_z = 24 \times 0,8 \times 1$$

$$I_z = 19,2A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z \quad 9,29A \leq 15A \leq 19,2A$$

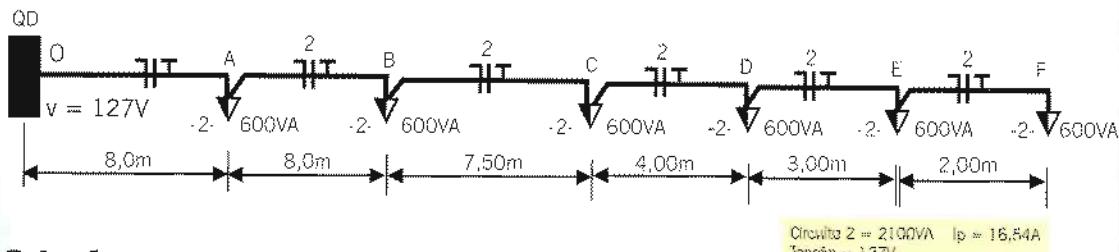
Para o circuito 2 adota-se Disjuntor termomagnético de 15A seção dos condutores fase, neutro e proteção (PE) 2,5mm².

Está sendo utilizada uma determinada tabela para o dimensionamento de disjuntores. Caso seja utilizada outra tabela, deverão serem seguidos os dados de valores de corrente dos disjuntores ali constantes.



Observa-se que o circuito 2 devido ao agrupamento, passou a utilizar a seção dos condutores para 2,5mm². Neste caso seria conveniente e mais econômico separar os circuitos, cada um em seu eletroduto, a partir do DQ.

4. Dimensionar o disjuntor para um circuito de tomadas de uso geral – (TUGs), conforme características abaixo, que corresponde ao exercício número 4 da página 340.



Solução:

D – Dimensionamento dos disjuntores

$FCA = 1,0$ (Tabela página 328) 1 circuito no eletroduto. $FCT = 1,0(30^\circ\text{C})$ (Tabela página 327).

$In =$ Tabela página 363.

Círculo 2

Seção dos condutores do circuito 2 é $2,5\text{mm}^2$.

$I_c = 24\text{A}$ – seção $2,5\text{mm}^2$

Cálculo da capacidade de condução de corrente (I_z)

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 24\text{A}$$

Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QD

(Sem ventilação) $- - - 30^\circ\text{C} + 10^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C} - FCT = 0,87$ (Tabela página 327)

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = \frac{16,54}{0,87} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = 19\text{A}$$

$$I_p \leq In \leq I_z$$

$$16,54\text{A} \leq 19\text{A} \leq 24\text{A}$$

$$16,54\text{A} \leq 20\text{A} \leq 24\text{A}$$

Para o circuito 2, o disjuntor bem como a seção dos condutores a inequação é plenamente atendida, portanto...

Disjuntor termomagnético unipolar de 20A.

Seção dos condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) $2,5\text{mm}^2$.

oficina teórica

- Calcular o valor do disjuntor e a seção dos condutores para um circuito de pontos, tomadas de uso geral (TUGs), cuja potência é 1800VA, tensão 127V e para um circuito de ar-condicionado cuja potência é 3350VA, tensão 220V. Para ambos os circuitos, os condutores são com isolação de PVC e instalados num

mesmo eletroduto de PVC embutido em alvenaria. A temperatura ambiente é 30°C e a distância média, a partir do QD é de 10m.

Solução

A - Critério da seção mínima (Tabela página 309).

Circuitos de pontos de tomadas

Condutor seção mínima _____

B - Critério da Capacidade de condução de corrente

Circuito pontos de tomadas ...TUGs

$$I_p = \frac{S}{V} \gg I_p = \frac{1800}{127} \gg \text{_____}$$

Tabela página 322 - (lc) - Coluna 6 - Seção _____

C - Critério da Queda de Tensão

$\Delta V_{unit.} = V/Axkm$ = Tabela página 335, Coluna 5 - $\epsilon(\%)$ = Figura página 333 ($\leq 4\%$)

$$\Delta\epsilon(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times \ell \times 100}{V_n} (\leq 4\%)$$

Escolha do condutor

A seção para o neutro, fase e proteção (PE) é _____ A seção para as fases e proteção (PE) é _____

D - Dimensionamento dos disjuntores

$FCA = 0,8$ – Tabela página 328 – 2 circuito no eletroduto. $FCT = 1,0(30^\circ\text{C})$ Tabela página 327.

$I_n =$ Tabela página 363.

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \gg \text{_____} \gg \text{_____}$$

Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QD

(Sem ventilação) - $30^\circ\text{C} + 10^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C}$... $FCT = 0,87$ (Tabela página 327)

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \gg \text{_____} \gg \text{_____}$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \gg \text{_____} \gg \text{_____}$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$



Para ambos os circuitos, com esse disjuntor e seção do condutor $2,5\text{mm}^2$ a inequação não é atendida. Portanto, deve-se proceder o recálculo do circuito para seção dos condutores imediatamente superior.

Seção dos condutores _____.

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \gg \underline{\hspace{1cm}} \gg \underline{\hspace{1cm}}$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

Para o Circuito de TUGs adota-se...

Disjuntor termomagnético _____.

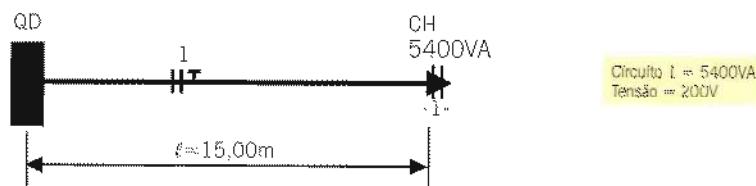
Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) _____.

Para o Circuito de TUGs adota-se...

Disjuntor termomagnético _____.

Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) _____.

- 2.** Dimensionar o valor do disjuntor e a seção dos condutores para um chuveiro de 5400VA-220V (Fase e Fase-Sistema Copel), sendo os condutores com isolamento de PVC, instalados em eletroduto de PVC embutido em alvenaria, temperatura ambiente 30°C, sabendo que a distância a partir do QD é de 15m.



Solução

A - Critério da seção mínima (Tabela página 309).

B - Critério da capacidade de condução de corrente

$$I_p = \frac{S}{V} \gg I_p = \frac{1800}{127} \gg \underline{\hspace{1cm}}$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção $I_c = \underline{\hspace{1cm}}$ - seção - $\underline{\hspace{1cm}}$.

C - Critério da queda de tensão

$$\Delta V_{\text{unit.}} = V/Axkm = \text{Tabela página 335, Coluna 5} \quad - \quad e(\%) = \text{Figura página 333 } (\leq 4\%)$$

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{\text{unit.}} \times I_p \times \ell \times 100}{V_n} (\leq 4\%) \gg \underline{\hspace{1cm}} \gg \underline{\hspace{1cm}}$$

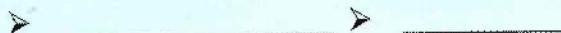
Escolha do condutor



D – Dimensionamento dos disjuntores

FCA = 0,8 – Tabela página 328 – 2 circuito no eletroduto. FCT = 1,0(30°C)Tabela página 327.

In = Tabela página 363.



Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QD

(Sem ventilação) - $30^\circ\text{C} + 10^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C}$ – FCT = 0,87 (Tabela página 327)

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = \underline{\hspace{2cm}} \Rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

interatividade



Efetue a seguinte pesquisa com relação aos dispositivos de proteção:

1. Quais são as prescrições fundamentais que a norma NBR 5410:2004 determina a respeito das proteções em instalações elétricas?
2. O que são disparadores térmicos e magnéticos?
3. Explique o funcionamento de um disjuntor termomagnético?
4. Cite as características dos disjuntores quanto ao número de pólos e quanto à tensão de operação.

aplicando conhecimento



Fusíveis

Os fusíveis são dispositivos que protegem os circuitos contra danos causados por sobrecorrentes (correntes de sobrecargas e correntes de curto-círcito). De todos os dispositivos de proteção é o mais simples construtivamente.

O fusível é um pedaço de fio geralmente de cobre ou estanho que queima ou “funde” quando a corrente ultrapassa um determinado valor.



Diversos tipos de fusíveis.

Considerações sobre os fusíveis

- São de operação simples e segura;
- São, geralmente, de baixo custo;
- São unipolares, podendo causar danos em motores, caso o circuito não disponha de proteção contra falta de fase;
- Não permitem efetuar manobras, sendo normalmente usados com chaves;
- Não permitem ajustes, o que somente pode ser conseguido com a mudança de tamanho (corrente nominal) ou do tipo de fusível;
- Não permite “rearne”, no caso de atuação deve ser substituído;
- Se constituem, essencialmente, num dispositivo de proteção contra curto-círcito;
- Não são recomendados para a proteção contra sobrecorrentes leves e moderadas.



Os fusíveis podem ser classificados segundo a:

- tensão de alimentação: baixa tensão ou alta tensão;
- característica de desligamento: efeito rápido e retardado;

- Rápidos (fast blow): destinam-se a circuitos onde não ocorre variação considerável de corrente entre a fase de partida e a de regime normal de funcionamento, cujo tempo de fusão é na ordem de centésimos de segundo. Ex.: Cargas resistivas, cargas que funcionam com semicondutores.
- retardados (slow blow): Destinam-se a circuitos onde a corrente de partida é várias vezes superior à corrente nominal. Ex.: Motores, reatores, etc.

O retardamento é obtido por um acréscimo de massa na parte central do elo, onde este apresenta menor seção condutora, e onde consequentemente se dará a fusão.

Este acréscimo de massa absorve durante um curto período de tempo parte do calor que se desenvolve na seção reduzida do elo, retardando a elevação da temperatura, cujo valor limite superior é a temperatura de fusão do metal usado no elo.

- c) categoria de utilização: gL/gG,

aM e gR/aR.

gL/gG – Proteção de instalações elétricas em geral.

gM ou aM – Proteção de motores.

gR ou aR – Proteção de dispositivos eletrônicos.

Significado das letras:

Primeira letra: faixa de interrupção
g – Curva para sobrecarga e curto-círcuito.

a – Apenas para curto-círcuito.

Segunda letra: categoria de utilização.

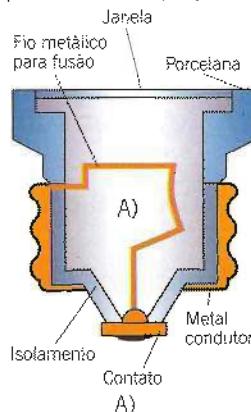
L/G – Proteção de cabos em geral.

M – Proteção de motores.

R - Ação ultra-rápida.

Tipos de fusíveis

Os tipos de fusíveis para baixa tensão podem ser: a) Rolha; b) Cartucho; c) Faca; d) Sitor (para proteção de semicondutores).



A)



B)



C)



D)

Tabelas de fusíveis

	Tamanho	In (A)		Fonte: Siemens
		Diazed	Silized	
	D II	2 4 6 10 16 20 25	16 20 25 30	
	D III	35 50 63	35 50 63	
	D IVH	80* 100*	80 100	
	* Somente reposição.			
Tensão nominal.	Diazed=500Vca/220Vcc Silized=500Vca/500Vcc			
Capacidade de interrupção nominal.	Diazed=70kA até 500Vca 100kA até 220Vcc Silized= 50kA até 500Vca 8kA até 500Vcc			

Tabela: Fusíveis Diazed e Silized.

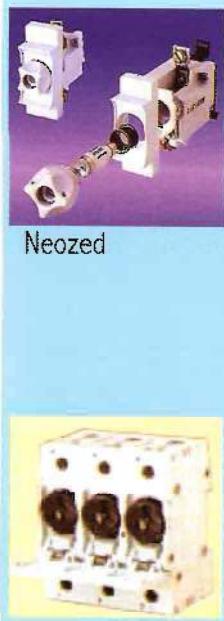
	Tamanho	In (A)		Fonte: Siemens
		Neozed	Minized	
	D 01	2 4 6 10 16	2 4 6 10 16	
	AC-22 16A – 63A			
	AC-23 10A – 50A			
	D 02	20 25 35 50 63	20 25 35 50 63	
	AC-22=63A AC-23=50A			
	Minized Unipolar Bipolar Tripolar			
	Tensão nominal			
Tensão nominal		Neozed=400Vca/250Vcc Minized=400Vca		
Capacidade de interrupção nominal.		Neozed=50kA até 400Vca 8kA até 250Vcc		
Corrente presumida de curto-círcuito.		Minized = 50kA.		

Tabela: Fusíveis Neozed e Minized.



Instalações
elétricas prediais



Tamanho	I_n (A)	Tamanho	I_n (A)
000	6	2	224
	10		250
	16		315
	20		355
	25		400
	32		
	40		
	50		
	63		
	80		
	100		
00	125	3	400
	160		500
			630
1	40	4	800
	50		1000
	63		1250
	80		
	100		
	125		
	160		
	200		
	224		
	250		

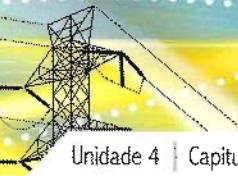


Fonte: Siemens

$$V_n = 500\text{Vca}/250\text{Vcc}$$

Capacidade de interrupção nominal: 120kA-500Vca; 100kA-250Vcc.

Tabela: Fusíveis NH.



Fonte: Siemens



Fonte: Siemens

Fonte: Siemens

Dimen. (mm)	Cilíndrico		Cilíndrico ultra-rápido	
	In (A)	In (A)	In (A)	In (A)
10 x 38	1	12	3	16
	2	16	5	20
	4	20	6	25
	6	251)	8	32
	8	321)	10	
	10		12	
14 x 51	2	16	1	15
	4	20	2	20
	6	25	3	25
	8	32	4	30
	10	40	5	32
	12	501)	6	40
22 x 58			10	50
	8	32	20	80
	10	40	25	100
	12	50	32	
	16	63	40	
	20	80	50	
	25	1001)	63	

Cat. utilização

gG/aM

aR

Para
proteção de
semicondutores

Tensão nominal(V)

500 Vca

Capacidade de interrupção nominal

100 kA

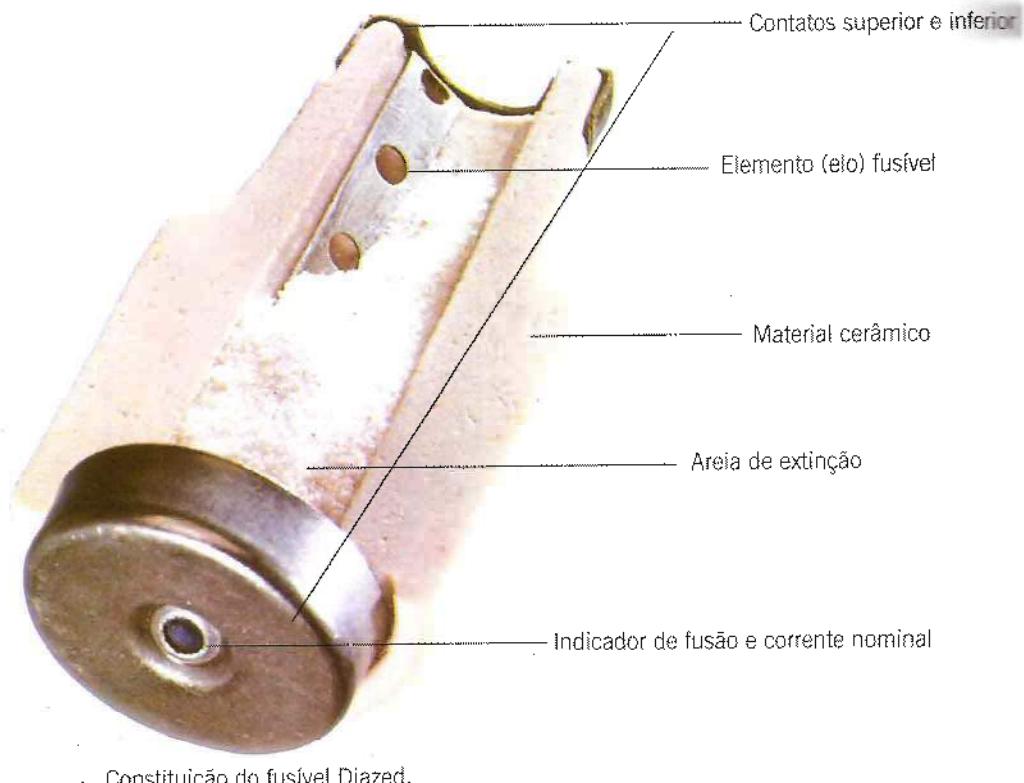
~50kA

Tabela: Fusíveis cilíndricos e cilíndricos ultra-rápidos.



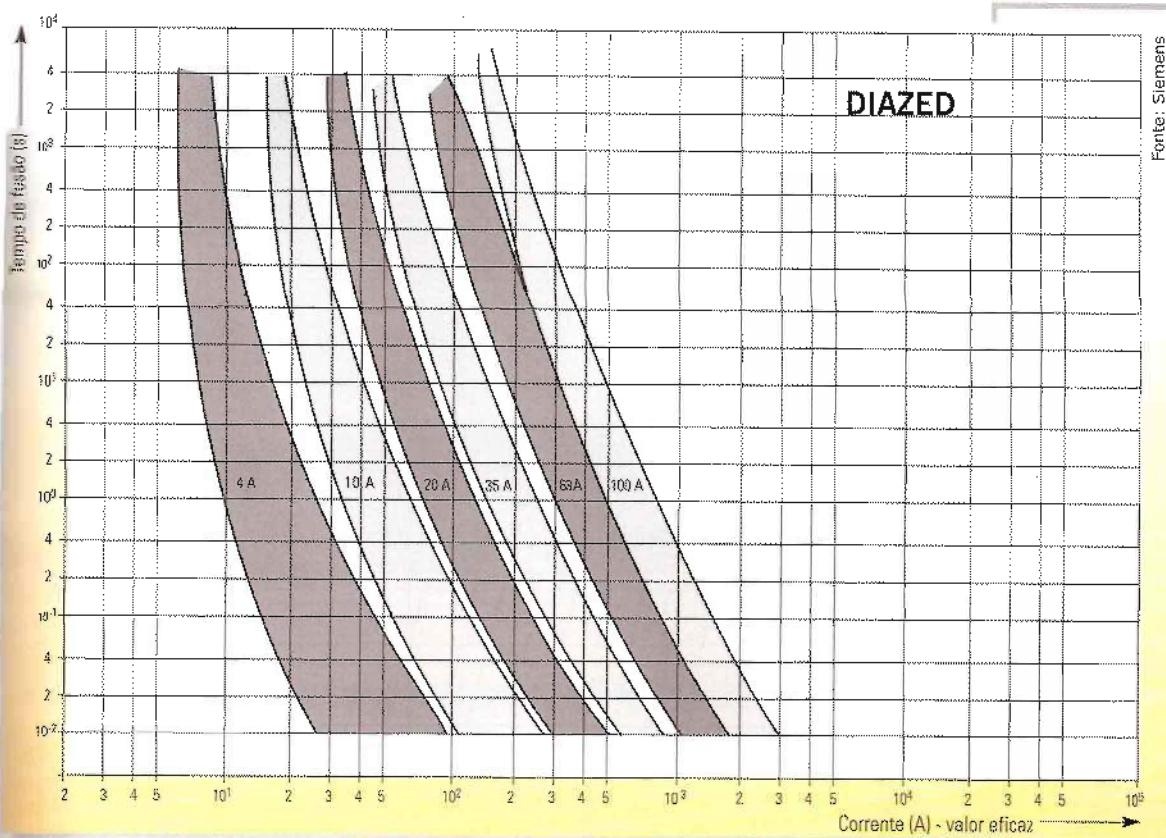
Composição do elo de fusão

O “elo de fusão” ou “elemento fusível” é um fio ou uma lâmina, geralmente de cobre eletrolítico, prata, estanho, chumbo ou ligas, inserido no interior de um invólucro de vidro e de porcelana ou esteatita, hermeticamente fechado. Veja um exemplo.

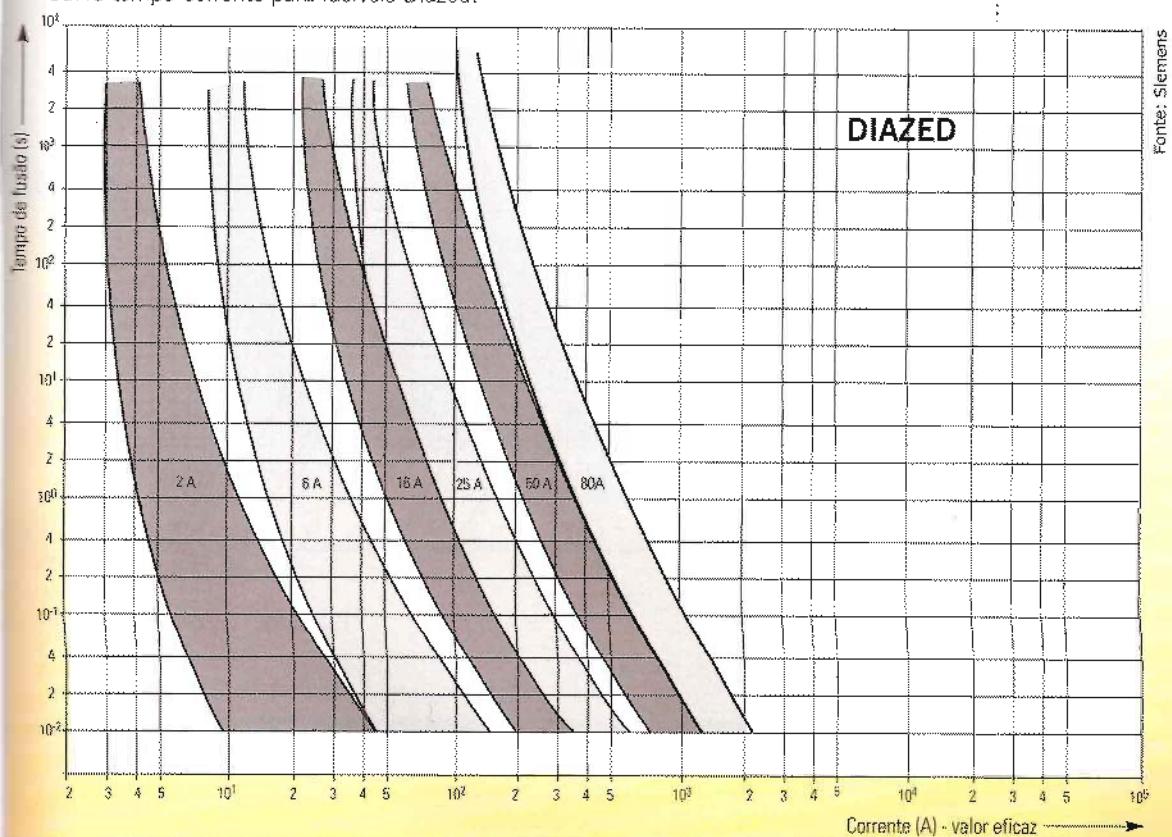


Curva característica tempo-corrente de fusíveis

A curva tempo-corrente tem por finalidade fornecer o tempo despendido por um dispositivo de proteção deixa de operar em função das condições do circuito, ou seja, quanto maior for a corrente que circula pelo dispositivo menor tempo levará para atuar.

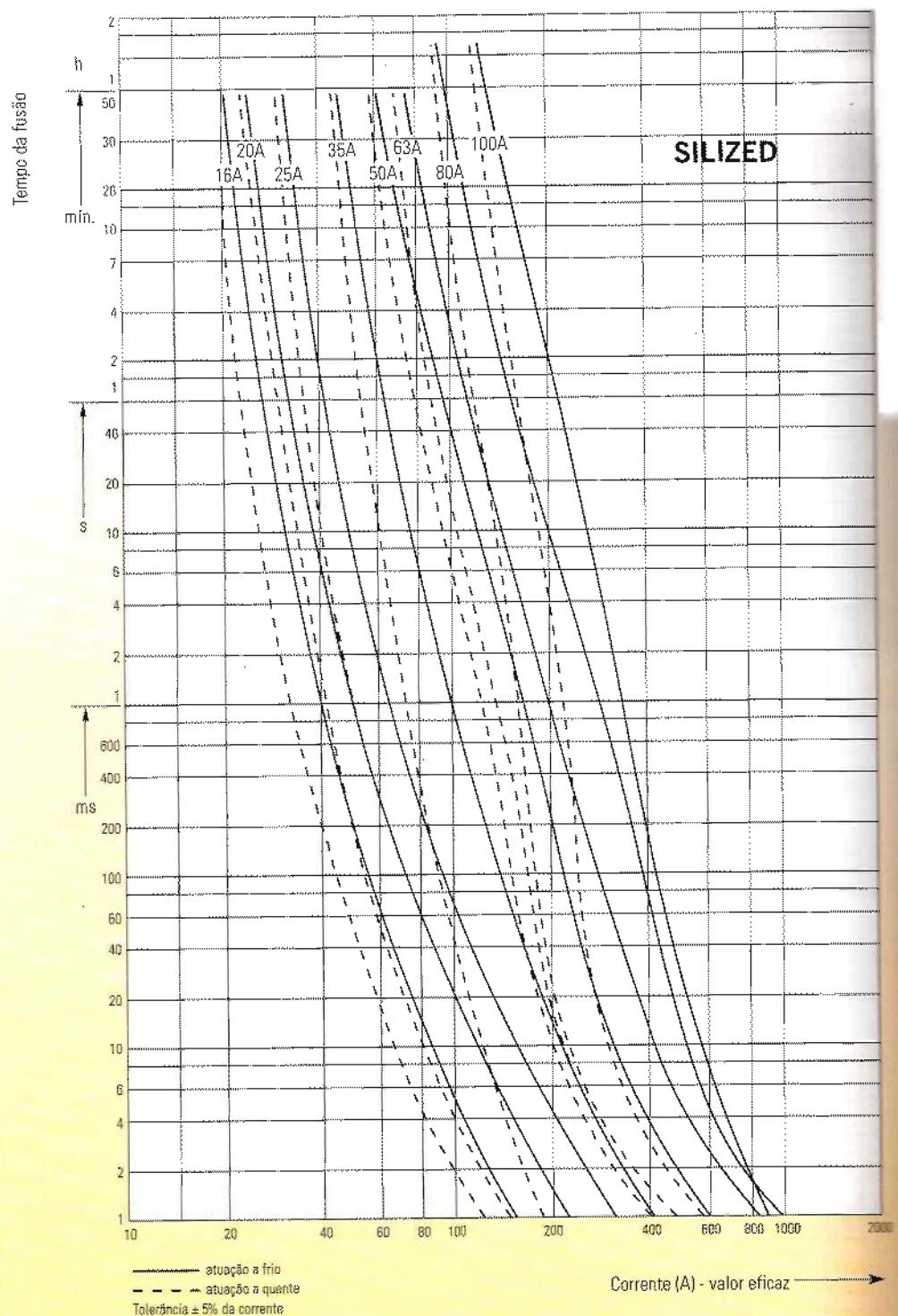


Curva tempo-corrente para fusíveis Diazed.

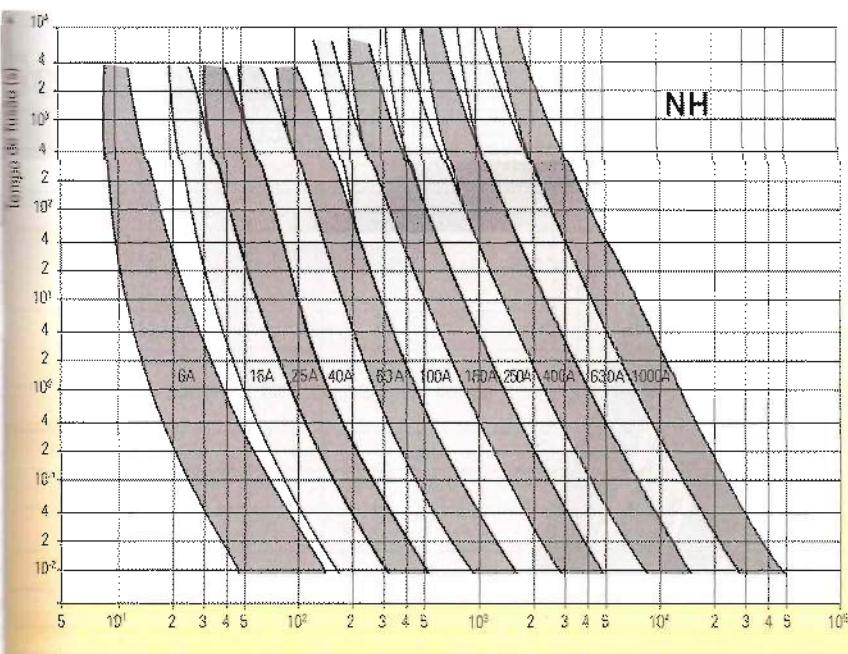


Curva tempo-corrente para fusíveis Diazed.

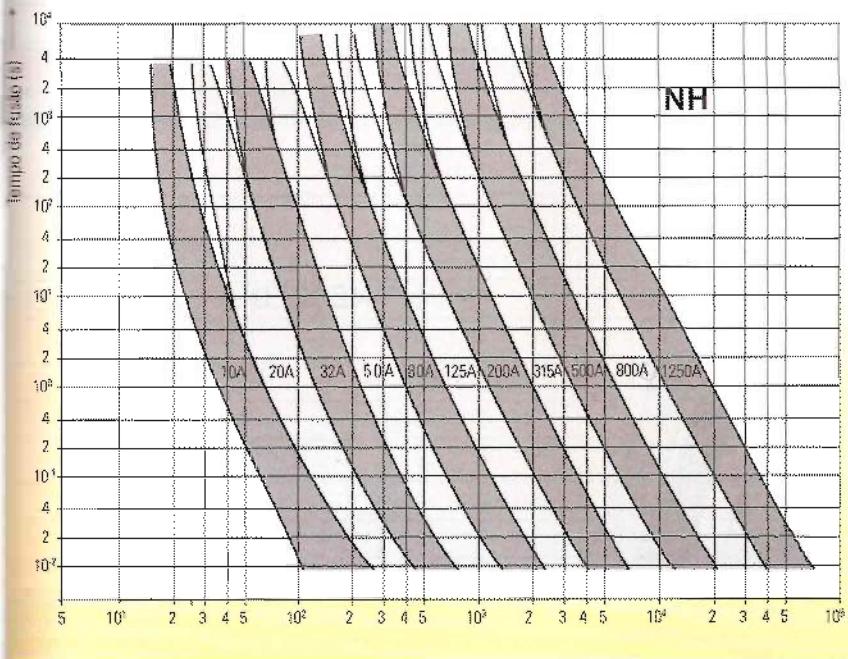




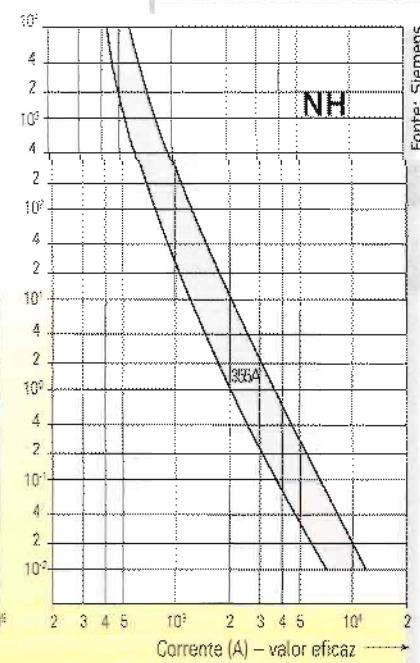
Curva tempo-corrente para fusíveis Silized.



Curva-tempo-corrente fusíveis NH

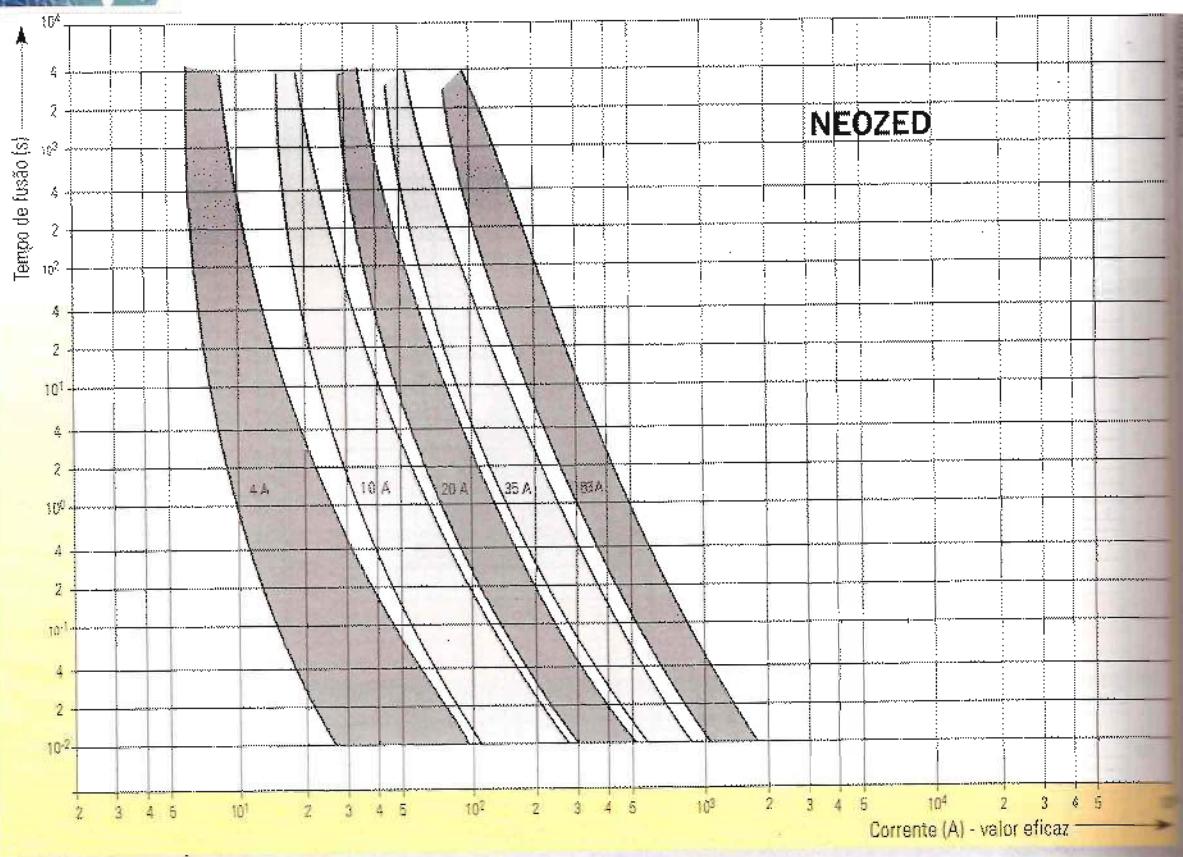


Curva tempo-corrente para fusíveis NH.

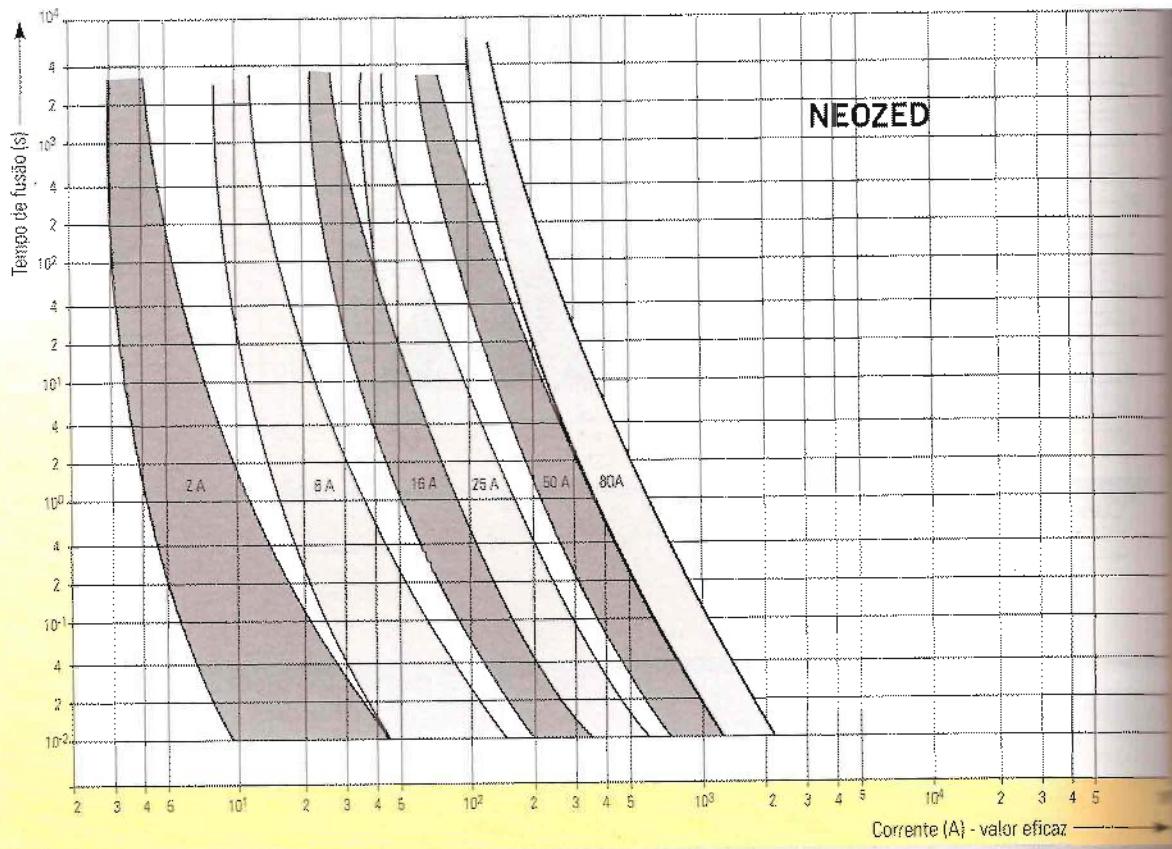


Fonte: Siemens





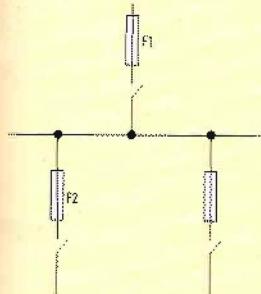
Curva tempo-corrente para fusíveis Neozed.



Curva tempo-corrente para fusíveis Neozed.

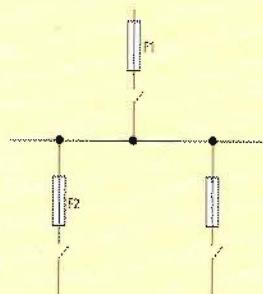
Seletividade

DIAZED



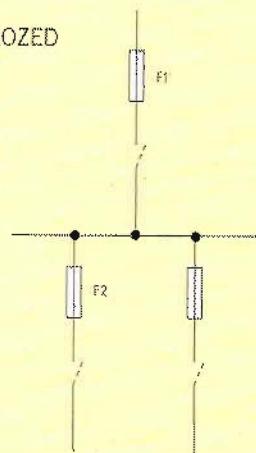
Fonte: Siemens

NH



Fonte: Siemens

NEOZED



Fonte: Siemens

Fusíveis

Montante F1	Jusante F2
100 A	63 A
80 A	50 A
63 A	35 A
50 A	25 A
35 A	20 A
25 A	16 A
20 A	10 A
16 A	6 A
10 A	4 A
6 A	2 A

Fusíveis

Montante F1	Jusante F2
1250 A	800 A
1000 A	630 A
800 A	500 A
630 A	400 A
500 A	315 A
400 A	250 A
315 A	200 A
250 A	160 A
200 A	125 A
160 A	100 A
125 A	80 A
100 A	63 A
80 A	50 A
63 A	40 A
50 A	32 A
40 A	25 A
32 A	20 A
25 A	16 A
20 A	10 A
16 A	6 A
10 A	4 A ¹⁾
6 A	2 A ¹⁾

Fusíveis Diazed

Fusíveis

Montante F1	Jusante F2
100 A ¹⁾	63 A
80 A ¹⁾	50 A
63 A	35 A
50 A	25 A
35 A	20 A
25 A	16 A
20 A	10 A
16 A	6 A
10 A	4 A
6 A	2 A

Fusíveis Diazed / NH

Instalações elétricas prediais

oficina teórica

- 1 Um fusível Diazed de 35A suporta uma corrente de 100A durante quanto tempo?



2. Um fusível Diazed de 4A deve atuar após 10s. Qual é a corrente que circula por ele?

3. Tendo-se um fusível NH de 50A, se circular por ele uma corrente de 100A em quanto tempo ele irá atuar?

4. Para que, em 20s, um fusível NH atue, circula por ele uma corrente de 200A. Qual é este fusível?

5. Temos um fusível NH de 50A. Quando a corrente chegar a 200A em quanto tempo ele irá atuar?

6. Temos um fusível de 20A e queremos verificar para uma corrente de curto-círcito de 100A, quais os tempos de fusão para o fusível Diazed e para o fusível Silized?

7. Para que, em 60s, um fusível Diazed atue, circula por ele uma corrente de 60A. Qual é este fusível?

Interatividade



Efetue a seguinte pesquisa com relação aos dispositivos de proteção-fusível:

1. Quais são as características elétricas importantes na escolha do fusível?
2. Quais são os acessórios para fusíveis Diazed e NH? Descreva cada um deles.
3. Quais as precauções a serem tomadas na substituição de fusíveis?
4. Qual o significado da palavra Diazed e NH?
5. Quais são as características de desligamento dos fusíveis?
6. Quais são os códigos de cores dos fusíveis diazed, neozed e silized conforme capacidade de corrente?
7. Quais são as precauções que devem ser tomadas na substituição de fusíveis?

aplicando conhecimento

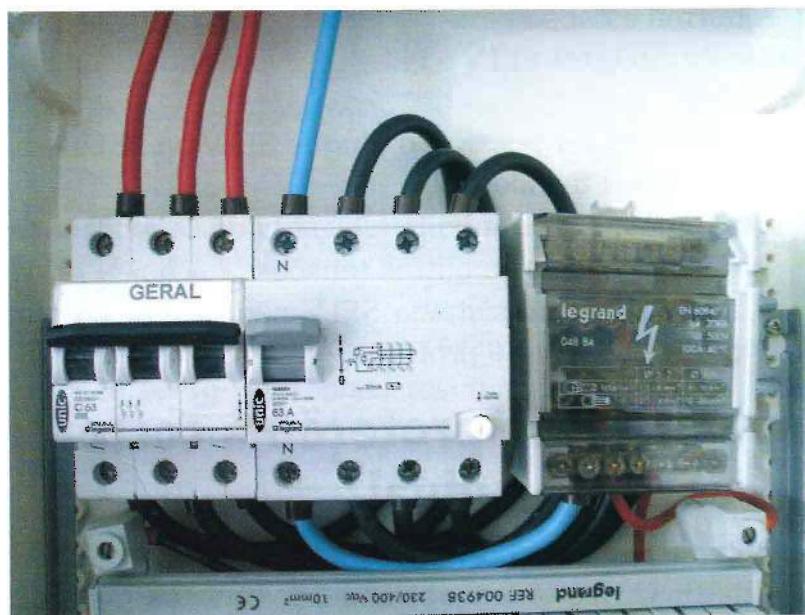
Proteção contra choques elétricos

A NBR 5410:2004, apresenta o princípio fundamental que norteia as medidas sobre a proteção contra choques elétricos. Esse princípio, segundo a norma, se traduz em duas premissas indissociáveis:

- partes vivas perigosas não devem se acessíveis;
- massas ou partes condutivas acessíveis não devem oferecer perigo, seja em condições normais, seja, em particular, em caso de alguma falha que as tornem acidentalmente vivas.

Com a finalidade de atender plenamente o princípio fundamental, a norma apresenta dois tipos de proteção de caráter geral:

- básica: "meio destinado a impedir contato com partes vivas perigosas em condições normais";
- supletiva: "meio destinado a suprir a proteção contra choques elétricos quando massas ou partes condutivas acessíveis tornam-se acidentalmente vivas".



Dispositivos de proteção.



Fonte: Piai - Legrand

"Os conceitos de 'proteção básica' e de 'proteção supletiva' correspondem aos conceitos de 'proteção contra contatos diretos' e de 'proteção contra contatos indiretos'"
(NBR 5410:2004).



**Instalações
elétricas prediais**



De acordo com a norma, medida de proteção contra choques elétricos “é sinônimo de provimento o conjunto de proteção básica e proteção supletiva”.

As medidas determinadas pela norma são:

- equipotencialização e seccionamento automático de alimentação;
- isolação dupla ou reforçada;
- uso de separação elétrica individual;
- limitação de tensão: SELV e PELV.

→ Nota

- SELV (do inglês “separated extra-low voltage”): “Sistema de extrabaixa tensão que é eletricamente separado da terra, de outros sistemas e de tal modo que a ocorrência de uma única falta não resulta em risco de choque elétrico”.
- PELV (do inglês “protected extra-low voltage”): “Sistema de extrabaixa tensão que não é eletricamente separado da terra, mas que preenche, de modo equivalente, todos os requisitos de um SELV”.

A proteção de caráter específico é determinada na norma de proteção adicional. As medidas de proteção adicional são a eqüipotencialização suplementar; e o uso de dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade.

A norma estabelece alguns critérios quanto aos plugues e às tomadas de circuitos SELV e PELV e devem satisfazer as seguintes prescrições:

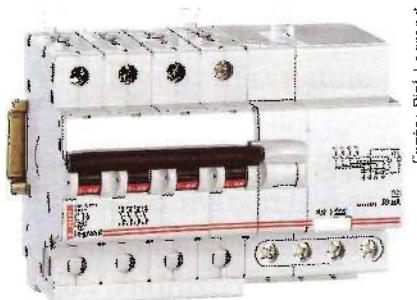
- a) não deve ser possível o plugue SELV ou PELV em tomadas de outras tensões;
- b) a tomada SELV ou PELV deve impedir a introdução de plugues referentes a outras tensões;
- c) as tomadas do sistema SELV não devem possuir contato para condutor de proteção.

Dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual

Dispositivo de seccionamento mecânico (ou associação de dispositivos) é destinado a provocar a abertura de contatos, quando a corrente diferencial-residual atinge um valor dado em condições especificadas.



O disjuntor diferencial-residual é um dispositivo que protege os condutores do circuito contra sobrecarga e contra curto-círcito; e as pessoas contra choques elétricos.



Fonte: Pial-Legrand

Disjuntor diferencial termomagnético DX.

O interruptor diferencial residual é um dispositivo que liga e desliga, manualmente, o circuito; e protege as pessoas contra choques elétricos.



Fonte: Pial-Legrand

Interruptor diferencial IDR.

Dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade

“O uso de dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual com corrente diferencial-residual nominal $I_{\Delta n}$ igual ou inferior a 30mA é reconhecido como proteção adicional contra choques elétricos”.

“A proteção adicional provida pelo uso de dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade visa casos como os de falha de outros meios de proteção e de descuido ou imprudência do usuário”.

“O termo ‘dispositivo’ não deve ser entendido como significando um produto particular, mas sim qualquer forma possível de se implementar a proteção diferencial-residual. São exemplos de tais formas: o interruptor, o disjuntor ou tomada com proteção diferencial incorporada, os biocos e módulos de proteção diferencial-residual acopláveis a disjuntores, os relés e transformadores de corrente que se podem associar a disjuntores, etc”.



A Norma NBR 5410:2004, determina a obrigatoriedade do uso de dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade nos seguintes locais:

- a) Os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro;
- b) Os circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- c) Os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;
- d) Os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavadeiras, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

Os circuitos que, em edificações não-residenciais, sirvam a pontos de tomadas situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavadeiras, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

→ Observação

1. A exigência de proteção adicional por DR de alta sensibilidade se aplica às tomadas com corrente nominal até 32 A.
2. A exigência não se aplica a circuitos ou setores da instalação concebidos em esquemas IT, visando garantir a continuidade de serviço, como por exemplo, na alimentação de salas cirúrgicas ou de serviços de segurança.
3. Admite-se a exclusão, na alínea d), dos pontos que alimentam aparelhos de iluminação posicionados a uma altura igual ou superior a 2,50 m.
4. Quando o risco de desligamento de congeladores por atuação intempestiva da proteção, associado à hipótese de ausência prolongada de pessoas, significar perdas e/ou consequências sanitárias relevantes, recomenda-se que as tomadas de corrente previstas para a alimentação de tais equipamentos sejam protegidas por dispositivos DR com característica de alta imunidade a perturbações transitórias, que o próprio circuito de alimentação do congelador seja sempre que possível independente e que, caso exista outro dispositivo DR a montante de alta imunidade, seja garantida seletividade entre os dispositivos.

Alternativamente, ao invés de dispositivo DR, a tomada destinada ao congelador pode ser protegida por separação elétrica individual, recomendando-se que também aí o circuito seja independente e que caso haja dispositivo DR a montante, este seja de um tipo imune a perturbações transitórias.

5. A proteção dos circuitos pode ser realizada individualmente, por ponto de utilização ou por circuito ou por grupo de circuitos.

Nos sistemas SELV e PELV em que os circuitos SELV ou PELV são, total ou parcialmente, partes vivas acessíveis, a tensão nominal do circuito SELV ou PELV não deve ser superior a:

- a) 25V, valor eficaz, em corrente alternada, ou 60V em corrente contínua sem ondulação, se o sistema for usado na situação 1 definida no anexo C da NBR 5410 : 2004; ou
- b) 12V, valor eficaz, em corrente alternada, ou 30V em corrente contínua sem ondulação, se o sistema for usado na situação 2 definida no anexo C, da NBR : 5410 : 2004.

Condições de influência externa (Tabelas 19 e 20 da NBR 5410:2004)	Situação	Natureza da corrente	
		Alternada, 15Hz – 1000Hz	Contínua sem ondulação ¹⁾
BB1, BB2	Situação 1	50	120
BC1, BC2, BC3	Situação 1	50	120
BB3	Situação 2	25	60
BC4	Situação 2	25	60
BB4	Situação 3	12	30

Fonte: NBR 5410:2004

Notas

1. Alguns exemplos da situação 2:

- áreas externas (jardins, feiras, etc.);
- canteiros de obras;
- estabelecimentos agropecuários;
- áreas de acampamentos (campings) e de estacionamento de veículos especiais, reboques e trailers;
- volume 1 de banheiros e piscinas;
- compartimentos condutivos;
- dependências interiores molhadas em uso normal.

2. Um exemplo da situação 3, que corresponde aos casos de corpo imerso, é o volume zero de banheiros e piscinas.

Situações 1, 2 e 3 e valores da tensão de contato limite VL (V).

Uma tensão contínua “sem ondulação” é convencionalmente definida como apresentando uma taxa de ondulação não superior a 10% em valor eficaz; o valor de crista máximo não deve ultrapassar 140V, para um sistema em corrente contínua sem ondulação com 120V nominais, ou 70V para um sistema em corrente contínua sem ondulação com 60V nominais.

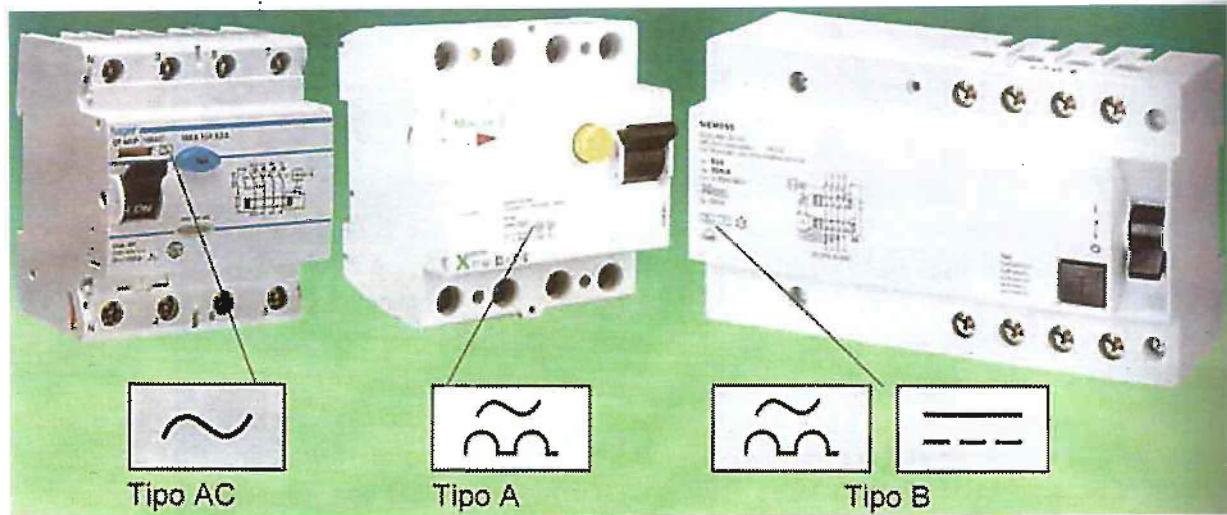


Tipos e aplicações

Em circuitos de corrente contínua só devem ser usados dispositivos DR capazes de detectar correntes diferenciais-residuais contínuas. Eles devem ser capazes, também, de interromper as correntes do circuito tanto em condições normais quanto em situações de falta. Neste caso, utiliza-se os dispositivos DR do tipo B.

Em circuitos de corrente alternada nos quais a corrente de falta pode conter componente contínua só devem ser utilizados dispositivos DR capazes de detectar também correntes diferenciais com essas características. Neste caso, utiliza-se os dispositivos DR do tipo A.

Em circuitos de corrente alternada nos quais não se prevêem correntes de falta que não sejam senoidais, podem ser utilizados dispositivos DR capazes de detectar apenas correntes diferenciais-residuais senoidais. Tais dispositivos podem ser utilizados também na proteção de circuitos que possuam, a jusante, dispositivos DR capazes de detectar as correntes de falta não-senoidais que os circuitos por eles protegidos possam apresentar. Neste caso, utiliza-se os dispositivos DR do tipo AC.

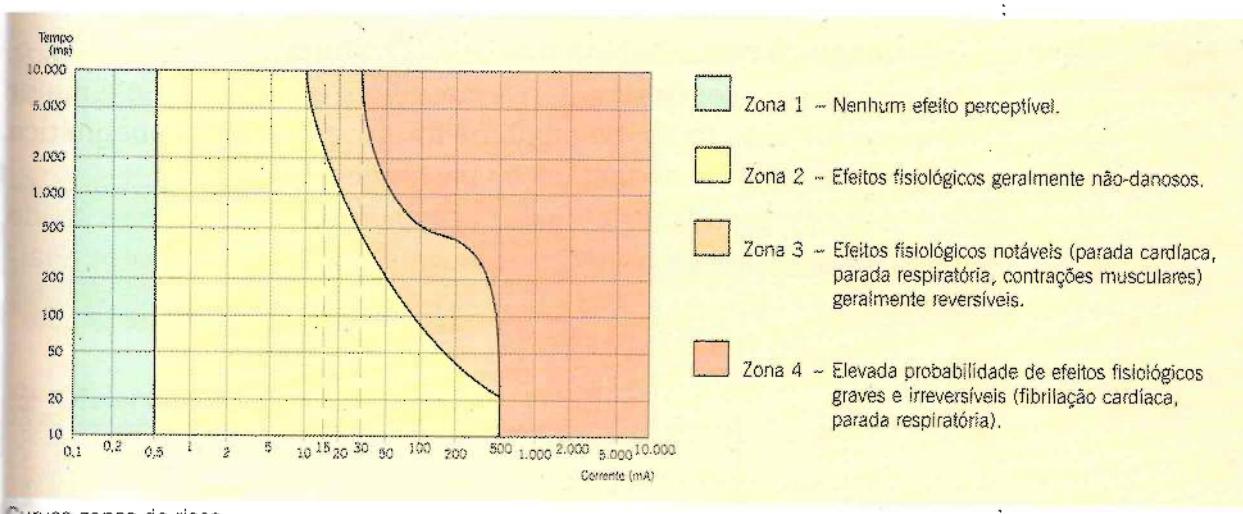


Diversos tipos de dispositivos DR.



Curvas zonas de risco

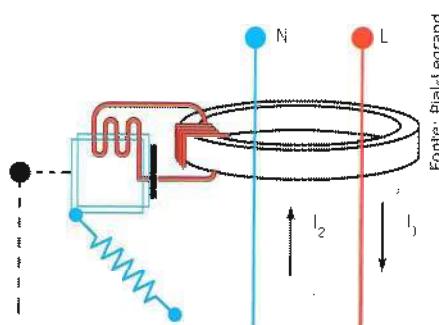
Analise os efeitos da corrente alternada sobre as pessoas a partir da curva.



Curvas zonas de risco.

Funcionamento do dispositivo DR

O núcleo magnético trabalha como um transformador. O primário mede todas as correntes no circuito sendo monitorado, o secundário alimenta o relé sensor de corrente. Se houver uma fuga ou falta de corrente, o somatório vetorial das correntes não é zero e resulta em uma corrente residual. Sobre o limiar prefixado $I_{\Delta n}$, o relé sensor de corrente controla a abertura dos contactos principais do dispositivo de interrupção associado (interruptor ou disjuntor).



Fonte: pial-legrand

DR (fase + neutro. Princípio da corrente diferencial-residual.)



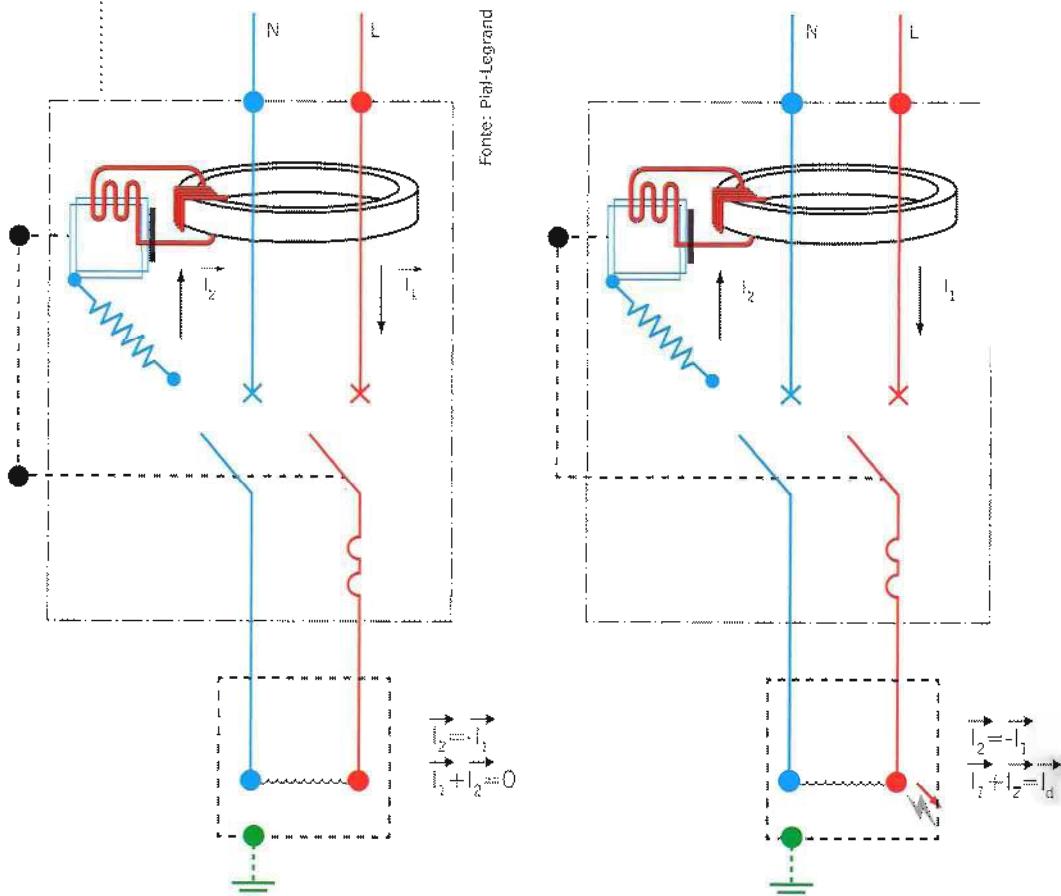
O relé sensor de corrente consiste de uma bobina magnetizada (contanto que nenhuma fuga de corrente esteja presente) que mantém o contato na posição fechada.

Este contato é fixo em um eixo e é sujeito à força de uma mola.

Contanto que a bobina não seja ativada por uma corrente, o ímã permanente opõe uma força mantendo o contato que é maior do que a força da mola. Se a bobina for ativada, o fluxo magnético induzido se opõe à magnetização permanente.

A força gerada pela mola, então, aciona o movimento do contato que controla o mecanismo de abertura do contato. (Pial-Legrand).

Princípio operacional



O valor da corrente que sai (fase) é igual ao valor da corrente de retorno (neutro). Se não houver nenhuma corrente residual, nenhum fluxo magnético é criado no núcleo, sendo assim, a bobina do relé sensor de corrente não está excitada. Os contatos permanecem fechados. O dispositivo trabalha normalmente.

O valor da corrente que sai (fase) é diferente do valor da corrente de retorno (neutro). A corrente residual causa um fluxo magnético no núcleo, que gera uma corrente que excitará o relé de corrente. Desligando o dispositivo DR.



O dispositivo DR deve ser instalado em série com os disjuntores termomagnéticos de um quadro de distribuição (QD). Em geral, ele é instalado depois do disjuntor principal e antes dos disjuntores de distribuição.

Para facilitar a detecção do defeito, aconselha-se proteger cada aparelho com dispositivo diferencial. Caso isto não seja viável deve-se separar por grupos que possuam características semelhantes.

O barramento de neutro deve ser isolado da estrutura metálica do quadro de distribuição (QD).

→ Exemplo

Círculo de tomadas, circuitos de iluminação, etc. (GEindustrial)

→ Observação

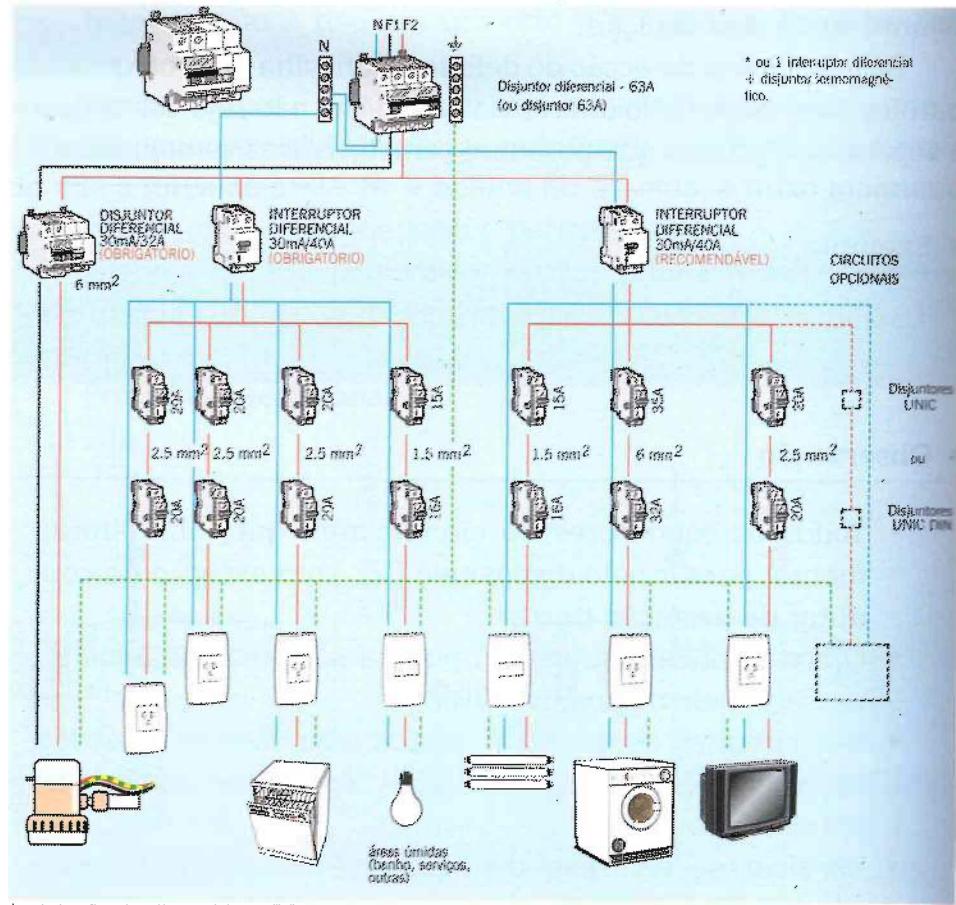
- Todos os condutores do circuito têm que, obrigatoriamente, passar pelo dispositivo DR, com exceção do condutor de proteção (terra).
- O condutor de neutro não poderá ser aterrado após ter passado pelo dispositivo DR.
- Nos circuitos de torneira elétrica e/ou chuveiro elétrico, recomenda-se que os mesmos sejam de resistência blindada/isolada.
- Verificar se na caixa de equipamentos como torneira e/ou chuveiro elétrico tem a seguinte observação: uso compatível com DR.

A sensibilidade do dispositivo DR varia de 30 mA a 500 mA e deve ser dimensionado com cuidado, pois existem perdas para terra inerentes à própria qualidade da instalação.

- Proteção básica: 30mA. Contato direto com partes energizadas pode ocasionar fuga de corrente elétrica, através do corpo humano, para terra.
- Proteção supletiva: 100mA a 300mA. No caso de uma falta interna em algum equipamento ou falha de isolação, peças de metal podem tornar-se “vivas” (energizadas).

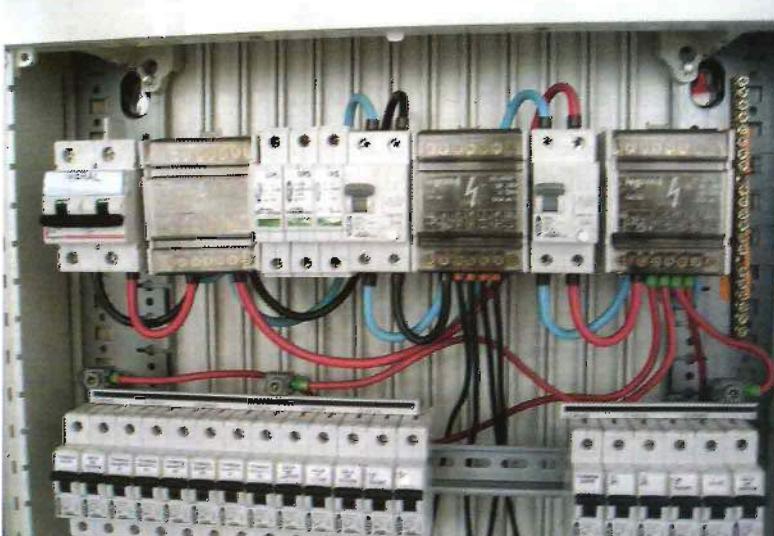


- Proteção contra incêndio: 500mA. Corrente para terra com este valor podem gerar arcos/faíscas e provocar incêndio.



Instalação de dispositivos DR.

Fonte: Pial-Legrand



Quadro de distribuição com disjuntores termomagnéticos, DPS e dispositivo DR.



Execução	$I_{\Delta n}$ (mA)	I_n (A)	Proteção de curto-círcuito	
			Fusíveis1)	Disjuntores1)
Bipolar 220/127VCA (Fase e Neutro ou Fase e Fase) 	10	16	63A	16A
		25	63A	25A
		40	63A	40A
		30	63A	63A
		100	100A	80A
	300	100	125A	100A
		125	125A	125A
		25	100A	25A
		30	100A	40A
		300	100A	63A
Tetrapolar 220/127VCA 380/220VCA (3 Fases e Neutro ou (2 Fases e Neutro)) 	30 [K] ²⁾	125	125A	125A
		25	100A	25A
		40	100A	40A
		63	100A	63A
		100	100A	40A
	300 [S] ³⁾	63	100A	63A
		125	125A	125A
		25	100A	25A
		40	100A	40A
		63	100A	63A
	500 [S] ³⁾	125	125A	125A
		25	100A	25A
		40	100A	40A
		63	100A	63A
		125	125A	125A
	1000 [S] ³⁾	125	125A	125A
		63	100A	63A
Tetrapolar 500VCA (3 Fases e Neutro)	30	25	63A	25A
		40	63A	40A
		63	63A	63A

Tabela: Tipos e capacidade de dispositivos diferenciais-residuais. Tipos: AC e A.

Execução	$I_{\Delta n}$ (mA)	I_n (A)	Proteção de curto-círcuito	
			Fusíveis1)	Disjuntores1)
Tetrapolar 220/127VCA 380/220VCA (3 Fases e Neutro ou (2 Fases e Neutro)) 	30 [K] ²⁾	25	100A	25A
		40	100A	40A
		63	100A	63A
		80	100A	80A
		300 [S] ³⁾	63	100A
		80	100A	80A
	300 [S] ³⁾	63	100A	63A
		80	100A	80A
		125	125A	125A
		25	100A	25A
		40	100A	40A

Tabela: Tipos e capacidade de dispositivos diferenciais-residuais. Tipo: B.

Tipos de dispositivo DR (Tipo AC, A e B)

Tipo AC



Detecta correntes residuais alternadas e são normalmente utilizados em instalações elétricas residenciais, comerciais e prediais, como também em instalações elétricas industriais de características similares.

Tipo A



Detecta correntes residuais alternadas e contínuas pulsantes; este tipo de dispositivo é aplicável em circuitos que contenham recursos eletrônicos que alterem a forma de onda senoidal.

Tipo B



Detecta correntes residuais alternadas, contínuas pulsantes e contínuas puras; este tipo de dispositivo é aplicável em circuitos de corrente alternada normalmente trifásicos que possuam, em sua forma de onda, partes senoidais, melancia ou ainda formas de ondas de corrente contínua, geradas por cargas como: equipamentos eletromédicos, entre outros.

oficina prática

1. O que são proteção básica e supletiva e a que conceitos estão relacionadas com relação à norma NBR 5410:1997? (em relação à norma atual)

2. Quais são as quatro medidas de proteção contra choques elétricos que a norma determina?

3. Explique o que é sistema SELV e PELV.

4. Quais são as duas medidas de proteção adicional?

5. Quais são os critérios quanto aos plugues e tomadas para o sistema SELV e PELV?



6. Qual o valor da tensão nominal do circuito SELV ou PELV das partes vivas acessíveis?

.....
.....
.....

- 7.** Que tipos de circuitos são utilizados os dispositivos DR tipo AC, Tipo A e Tipo B?

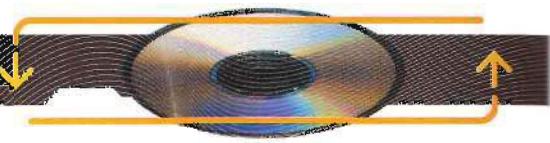
8. Quals são os tipos de DR, quanto à sensibilidade, encontrado no comércio?

Qual a sensibilidade do dispositivo DR que deve ser utilizado para a proteção básica, proteção supletiva e proteção contra incêndio?

- 10.** Quais são as recomendações para a instalação do dispositivo DR?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



interatividade

Efetue a seguinte pesquisa com relação à proteção contra choques elétricos:

1. O que é proteção adicional?
2. O que é corrente de falta?
3. Explique sucintamente onde são utilizados os dispositivo DR.
4. Quais são os itens importantes que devem ser observados para a especificação técnica de um dispositivo DR?

aplicando conhecimento

Relé sobrecarga

O relé de sobrecarga é um dispositivo que tem a finalidade de proteger, controlar ou comandar um circuito elétrico, atuando sempre pelo efeito térmico provocado pela corrente elétrica e proteção contra falta de fase.

São utilizados, principalmente, na proteção de motores elétricos constituindo uma proteção contra sobrecarga. Os relés bimetálicos de sobrecarga são acoplados em série a contadores eletromagnéticos.

Quanto ao princípio de funcionamento pode ser: térmico ou bimetálico e eletrônico.



Fonte: Siemens

Relé de sobrecarga eletrônico.

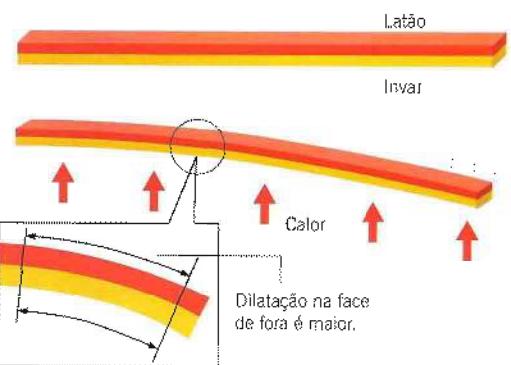
O funcionamento do relé de sobrecarga bimetálico baseia-se no princípio da dilatação linear de dois materiais diferentes quando acoplados rigidamente.

O material de maior coeficiente de dilatação é denominado componente ativo enquanto o de menor coeficiente é denominado componente passivo.

A curvatura de um bimetal numa dada temperatura depende da diferença entre os dois coeficientes e tende sempre para o lado do material de menor coeficiente.

O relé de sobrecarga bimetálico pode ser dividido em dois circuitos fundamentais:

- Circuito principal ou de potência; e
- Circuito auxiliar ou de comando.



Funcionamento do bimetal.

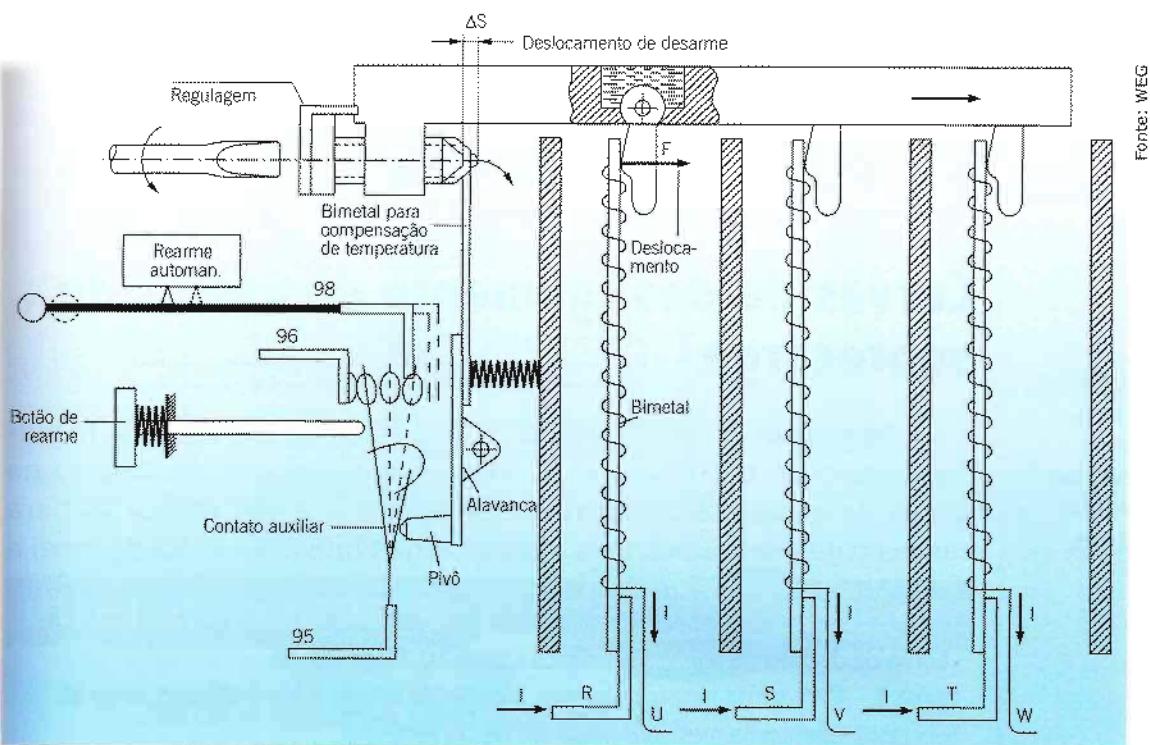


Ilustração dos componentes de um relé de sobrecarga bimetálico.

No circuito principal a corrente do motor circula através de lâminas bimétálicas e de resistências auxiliares que envolvem estes bimetais. Estas resistências variam de acordo com a faixa de operação do relé.

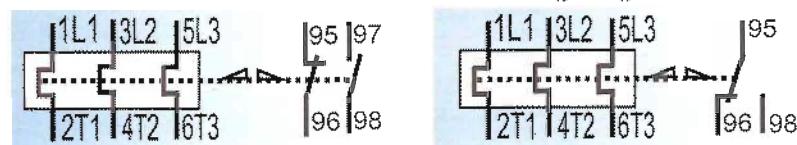
A corrente nominal aquece os bimetais provocando uma deformação não suficiente para desarmar o relé.

Quando ocorre uma sobrecarga, esta se reflete num aumento de corrente fazendo com que os bimetais se desloquem desarmando o relé.

A interligação dos dois circuitos é feita por uma alavanca mecânica acionada pelos bimetais.

O circuito auxiliar é composto de:

- Contato do tipo reversor, por onde circula a corrente de comando (alimentação da bobina do contator);
- Botão de regulagem tipo "came" através do qual é feito o ajuste de corrente;
- Botão de rearme que tanto pode ser acionado manualmente como pode ser fixado em posição de rearme automático através de dispositivo de trava; e
- Bimetal de compensação de temperatura que proporciona ao relé operar, de -20 a 60°C, sobre uma mesma curva de desarme. Este bimetal desloca-se conforme a temperatura ambiente de forma favorável ou desfavorável à regulagem do came.



Representação esquemática do relé de sobrecarga.



Características técnicas tanto para os relés bimétálicos como eletrônicos devem ser consultados os catálogos dos fabricantes.

Curvas de desligamento dos relés de sobrecarga

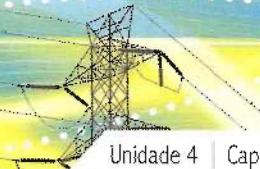
As curvas de desligamentos dos relés de sobrecarga fornecem a relação entre tempo de disparo e a corrente de disparo na forma de múltiplos de corrente de ajuste I_c e são indicadas para cargas trifásicas simétricas e para cargas bifásicas (falta de fase) a partir do estado a frio do relé.

Curva de disparo de um relé eletrônico Classe 10, Classe 20, etc.

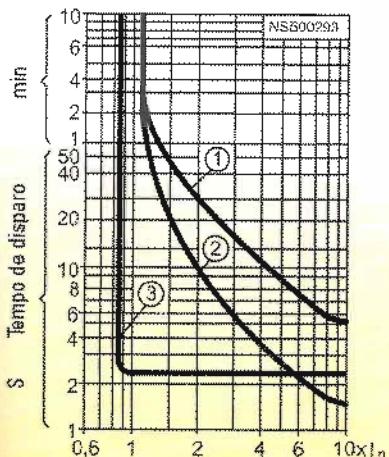
Curva 1 – Para carga trifásica simétrica a partir do estado a frio é válida quando as três fases estejam na mesma intensidade de corrente.

Curva 2 – O relé, após um longo período de carga com corrente I_c , terá seu tempo de atuação reduzido a aproximadamente 30% em relação à curva de disparo para carga trifásica simétrica.

Curva 3 – Através do desligamento rápido, de acordo com a curva de disparo para carga bifásica (falta de fase) a partir do estado a frio, o aquecimento da carga é minimizado.

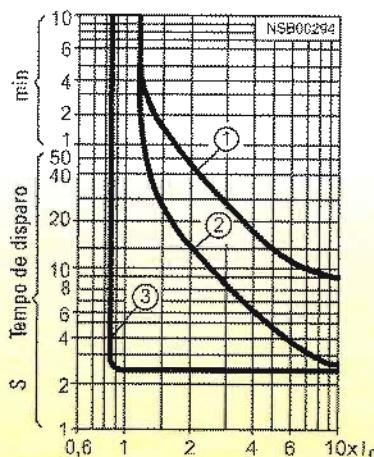


Curva de disparo para classe de disparo CLASSE 10



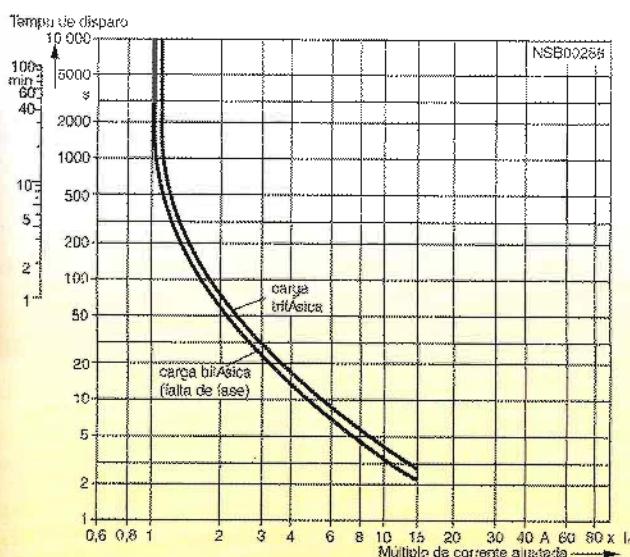
Múltiplo da corrente ajustada.

Curva de disparo para classe de disparo CLASSE 20



Múltiplo da corrente ajustada.

Fonte: Siemens



Curvas de disparos de relés de sobrecarga eletrônicos e bimetálicos.

Curva característica de disparo, própria para relé de sobrecarga bimetálico.

Interatividade



Efetue a seguinte pesquisa com relação a relé de sobre-
carga:

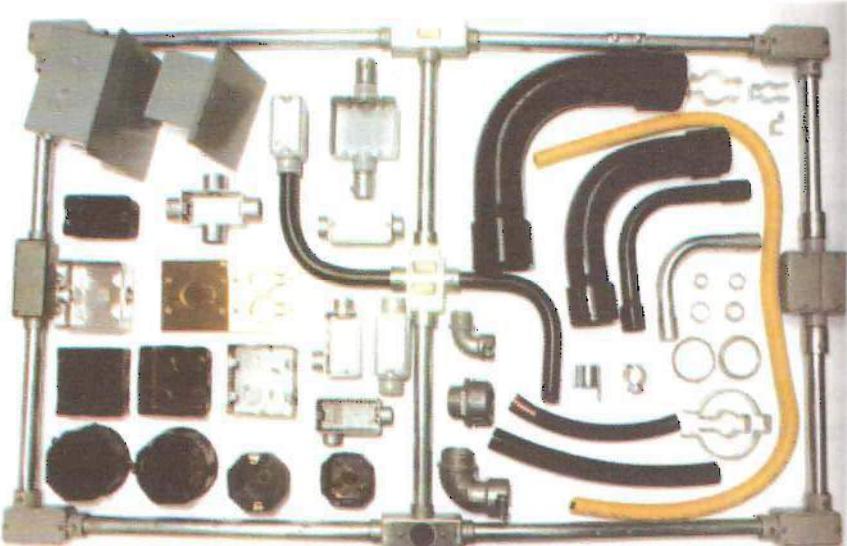
- Explique o funcionamento do relé de sobrecarga se vier a faltar uma fase.
- Como deve ser ligado o relé a um circuito monofásico ou em corrente contínua?
- Quais os materiais utilizados na fabricação dos elementos bimetálicos do relé de sobrecarga?



Eletrodutos e acessórios para instalações elétricas

O eletroduto ou conduto elétrico é o elemento da linha elétrica destinado a conter os condutores elétricos e têm por finalidade proteger os condutores contra determinadas ações externas, tais como:

- Proteção contra ações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas;
- Proteção do meio contra perigos de incêndio, resultantes do superaquecimento dos condutores ou de arcos voltaicos;
- Proporcionar aos condutores um revestimento metálico aterrado (no caso de eletrodutos metálicos), a fim de evitar o perigo de choque; e
- Proporcionar um percurso para a terra (no caso de eletrodutos metálicos), funcionando como condutor de proteção (em condições especificadas).



Eletrodutos, acessórios para eletrodutos e caixas de passagem.

aplicando conhecimento



Tipos de eletrodutos

Os eletrodutos utilizados em instalações elétricas, fabricados segundo o material, para atender as mais diversas aplicações, são classificados em: Metálicos rígidos (aço e alumínio), PVC rígidos, Metálicos flexíveis e PVC flexíveis.

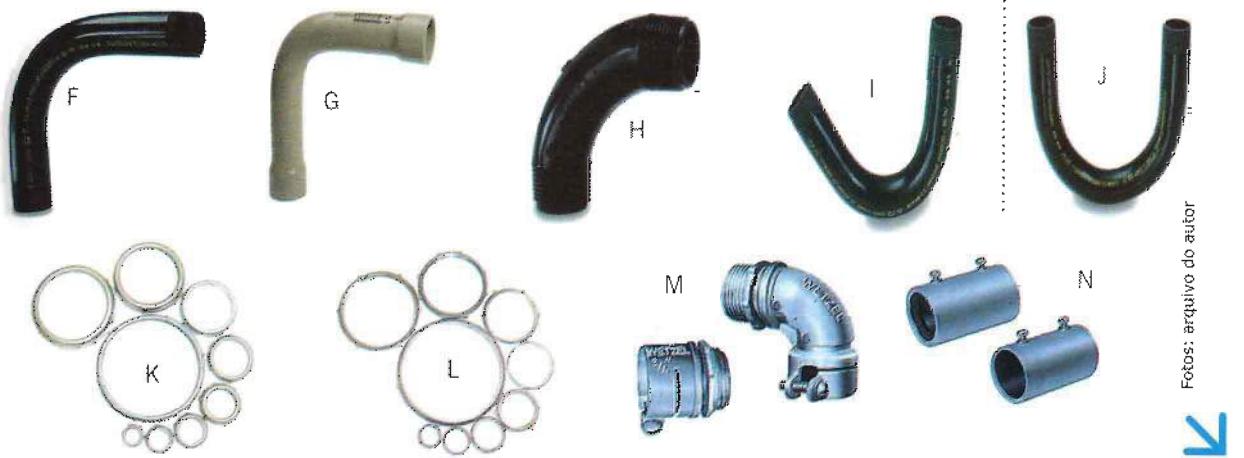
Segundo a IEC (International Electrotechnical Commission), em: rígidos, curváveis, transversalmente elásticos e flexíveis.

Outra característica importante a ser observada no eletroduto de aço é com relação ao diâmetro. Deve ser especificado conforme o "diâmetro nominal" (Dn) e não pela rosca.

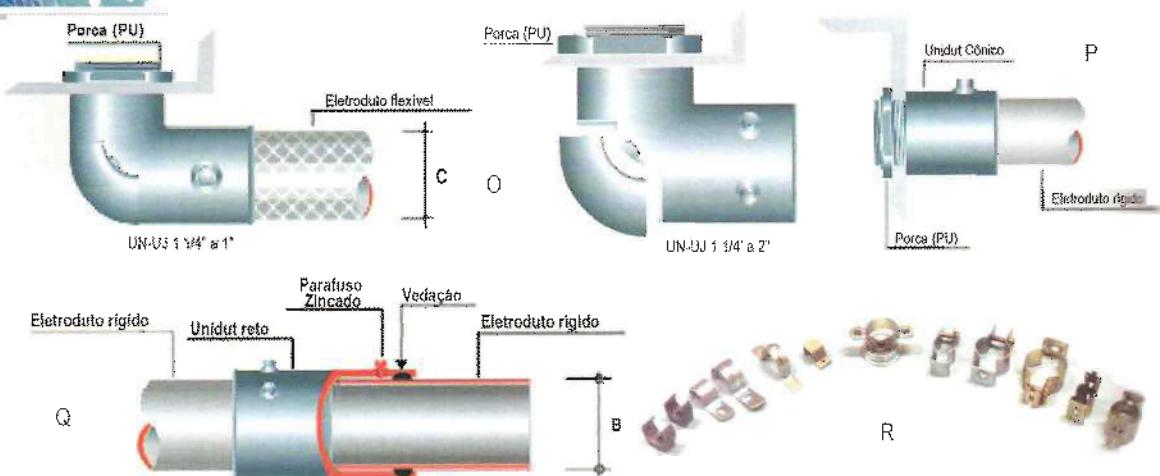
A marcação do eletroduto metálico deve ser feita através de etiqueta, onde deve constar de forma legível e indelével, no mínimo as seguintes informações: 1. eletroduto rígido (com ou sem costura); 2. nome ou símbolo do fabricante; 3. norma NBR (5598, 5624 ou 13057, etc.); 4. diâmetro nominal; e "Made in Brazil" (caso de exportação).

Acessórios para eletrodutos

Para a montagem de uma rede de eletrodutos são necessários diversos acessórios, os quais podem ser utilizados para emendar eletrodutos (luvas), mudar de direção (curvas), fixá-los às caixas (adaptadores, buchas e contra-buchas ou porcas). A seguir apresentamos os principais acessórios:



Fotos: arquivo do autor



Acessórios: A-Luva para eletrodutos de PVC rígido-Tigre; B-Luva para eletroduto flexível-Leve e pesado-Tigre; C-Luva para eletroduto flexível pesado-Wetzel; D-Distanciador-Tigre; E-Adaptador-Wetzel; F-Curva 90° Longo-Tigre; G-Curva soldável-Tigre; H-Curva 90° Curto-Tigre; I-Curva 135°; J-Curva 180°; K-Bucha; L-Contra-bucha, Arruela ou porca; M-Adaptador curvo e reto-Wetzel; N-Luva-Wetzel; O-Adaptador curvo UNIDUT-Daisa; P-Adaptador reto-Daisa; Q-Luva-Daisa; R-Diversos tipos de abraçadeiras.



Tipos de eletrodutos: A-PVC flexível-Leve-Tigre; B-PVC flexivel-pesado-Tigre; C-PVC flexível-pesado-Wetzel; D-PVC rígido-roscável; E-PVC rígido-bombeiro-Wetzel; F-Fibra de vidro-Cogumelo; G-Metálico rígido-Confercon e Elecon; H-Metálico flexível-SealTubos; I-PEAD-Kana; J-PVC rígido-soldável.

O eletroduto de PVC rígido (Cloreto de Polivinila) deve ser especificado conforme a norma NBR 6150:1980. A norma prevê a utilização de eletroduto rosqueável ou soldável, e de acordo com as classes: A ou B.

Nas instalações elétricas em geral o mais utilizado é o rosqueável classe B, que possui espessura de parede maior do que o da classe A.

De acordo com a tabela 3 da NBR 6150:1980, o eletroduto classe A possui pressão mínima de ruptura de 2,5MPa e o classe B de 1,5MPa.

O eletroduto de PVC deve trazer marcado, de forma bem visível e indelével:

- a) Marca do fabricante;
 - b) Diâmetro nominal;
 - c) Classe (A ou B); e
 - d) Eletroduto de PVC rígido.

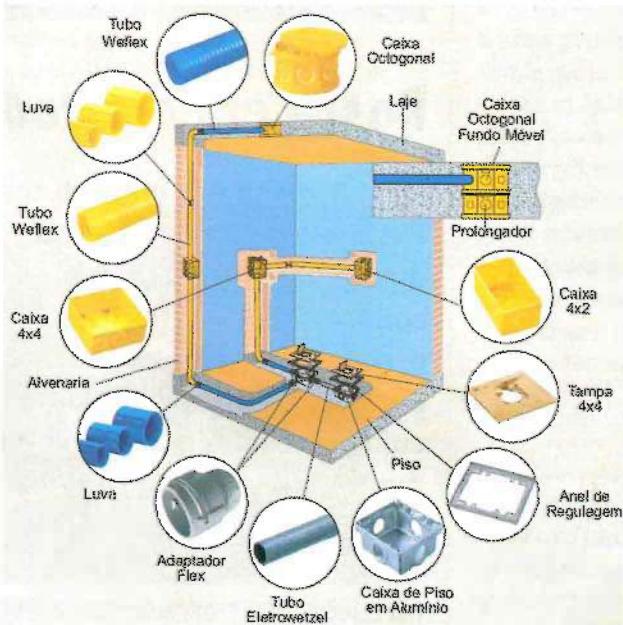
Na linha de eletrodutos de PVC, existe o eletroduto de PVC flexível (sem cobertura), muito utilizado nas instalações elétricas residenciais, prediais e comerciais, devido à facilidade de manuseio e instalação.

No entanto, até o presente momento não existe norma técnica da ABNT a respeito desse tipo de eletroduto, sendo que por questões de praticidade e segurança e, também, para a sua correta especificação e utilização, deve ser citada a norma IEC 614, que trata sobre este tipo de eletroduto.

A NBR 5410:2004, item 6.1.11.1.1 e nota e 6.2.11.1.2, 6.2.11.1.3 e 6.2.11.1.4 fornece informações sobre os eletrodutos.

O eletroduto de aço é especificado de acordo com as seguintes normas: NBR 5597:1995; NBR 5598:1993; NBR 5624:1993 e NBR 13057:1993.

Esse eletroduto apresenta características diferentes entre si, em função da espessura da parede, tipo de rosca e acabamento superficial. Deve ser fornecido com luva em uma das extremidades e proteção mecânica e anticorrosiva em outra.



Exemplo de aplicação de eletrodutos e acessórios.

Bítolas de eletrodutos de Aço Carbono, alumínio, PVC rígido e PVC flexível.

Bitola D (mm) (Ref.)	Dni (mm)	Aço Carbono Pesado		Aço Carbono Leve				Alumínio			PVC rígido				L (m)	PVC flexível			
		De (mm)	e (mm)	De (mm)	e(P) (mm)	e(M) (mm)	e(L) (mm)	De (mm)	Di (mm)	e (mm)	Dn (mm)	Di (mm)	e (mm)	S (mm²)		Dn (mm)	De (mm)	Di (mm)	L (m)
3/8"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	12,8	1,8	128,7	3,0	16*	16	11,7	50
1/2"	15	21,3	2,25	20,70	1,50	1,06	0,70	21,34	15,80	2,77	20	16,4	2,2	211,2	3,0	20*	20	15,4	50
3/4"	20	26,9	2,25	25,40	1,50	1,06	0,70	26,67	20,93	2,87	25	21,3	2,3	356,3	3,0	25*	25	19,0	50
1"	25	33,7	2,65	31,75	1,50	1,06	0,70	33,40	26,64	3,38	32	27,5	2,7	593,9	3,0	32*	32	24,0	25
1 1/4"	32	42,4	2,65	41,27	2,00	1,06	0,90	42,16	35,05	3,56	40	36,1	2,9	1023,5	3,0	30**	41,3	31,0	500
1 1/2"	40	48,3	3,00	47,60	2,25	1,20	0,90	48,26	40,89	3,68	50	41,4	3,0	1346,1	3,0	-	-	-	-
2"	50	60,3	3,00	58,74	2,25	1,20	1,06	60,33	52,50	3,91	60	52,8	3,1	2189,6	3,0	50**	62,5	50,0	100
2 1/2"	65	73,0	3,75	76,20	2,65	1,50	1,20	76,10+	69,76	3,17	75	67,1	3,8	3536,2	3,0	-	-	-	-
								73,03#	62,71	5,16									
3"	80	88,9	3,75	87,00	2,65	1,80	1,50	88,90	77,93	5,49	85	79,6	4,0	4976,4	3,0	75**	88,5	75,0	100
3 1/2"	90	101,6	3,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	-	-	-	-
4"	100	114,3	3,75	113,0	2,65	1,80	1,50	114,30	102,26	6,02	110	103,1	5,0	8348,5	3,0	100**	124,5	102,5	100
5"	125	-	-	-	-	-	-	141,30	128,19	6,55	-	-	-	-	3,0	125**	155,5	128,8	50
6"	150	-	-	-	-	-	-	168,28	154,05	7,11	-	-	-	-	3,0	150**	190,8	155,6	50

1. Dn=Diâmetro nominal; De=Diâmetro externo; Di=Diâmetro interno; e=Espessura da Parede (P)=Pesado; (M)=Médio; (L)=Leve; 2. + = Rosca BSP; # = Rosca NPT; 3. * Eletrodutos de PVC flexíveis Tigreflex; ** Eletrodutos de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) Kanalex-KL; 4. S= Seção aproximada em função do diâmetro interno do eletroduto.

Conversão mm/polegada

Diâmetro nominal NBR 6150 classe B								
mm	16	20	25	32	40	50	60	75
pol	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2

Rosca em eletrodutos rígidos

A rosca em eletrodutos rígidos quer sejam metálicos ou de PVC, são fundamentais para a montagem de uma rede de eletrodutos, pois constantemente são necessários emendá-los entre si, conectá-los a curvas para mudança de direção e conectar-los às caixas de passagem ou de derivação, painéis, quadros de distribuição, cujo objetivo é permitir a passagem dos condutores.

Os eletrodutos devem ser fixados às caixas por meio de buchas e contra-buchas (arruelas ou porcas), para evitar que se soltem por ocasião dos trabalhos de alvenaria, concretagem, etc.



Eletroduto de PVC.



No eletroduto corretamente roscado, a rosca não tem rebarba, o filete apresenta-se liso e bem uniforme.



Procedimento para fazer rosca em eletroduto rígido



Arquivo do autor

As figuras abaixo mostram os passos para fazer rosca em eletrodutos rígidos:

"As extremidades devem ser cortadas perpendiculares ao eixo longitudinal do eletroduto, sem apresentar rebarbas, e com bordas internas levemente chanfradas".

É necessário escarear externamente o eletroduto para facilitar a entrada do cossinete. O eletroduto corretamente escareado apresenta o aspecto ao lado.



Arquivo do autor



Arquivo do autor

Cortar perpendicularmente, escarear e remover rebarbas do eletroduto.

Colocar a tarraxa a 90° em relação ao eletroduto. O lado chanfrado do cossinete deve ficar voltado para o lado do guia.

Girar a tarraxa no sentido horário com movimentos para a esquerda e para a direita.

- 1. Ao fazer roscas em eletrodutos de PVC não use óleos ou graxas.
- 2. Para escarear use lima bastarda meia-cana e para remover rebarbas use lixa 60 ou 80 ou rebarbador.
- 3. Em eletrodutos rígidos metálicos: a) Usar tarraxa simples de cossinete ajustável ou universal; b) Colocar algumas gotas de óleo à medida que for fazendo a rosca; c) Após concluir a rosca proteger contra corrosão e o material utilizado não ataque a camada isolante do condutor.



Quando a parte externa do cossinete estiver rente à extremidade do eletroduto a rosca está concluída.



Foto: arquivo do autor

Remover a tarraxa e limpá-la com auxílio de um pincel. Não soprar.



- O eletroduto deve ser fixado firmemente na morsa para canos, para que não gire no momento da elaboração da rosca.





Recomenda-se que as curvas feitas na obra, em eletrodutos de PVC, sejam para até no máximo 25mm de diâmetro nominal ou $\frac{3}{4}$ ". Sempre que possível providencie curvas pré-fabricadas.

Curvar eletroduto rígido

Curvar eletrodutos ou tubos de PVC ou metálicos rígidos é uma operação necessária numa instalação elétrica, cuja finalidade é adequar o percurso do traçado da rede de eletroduto conforme projetado.

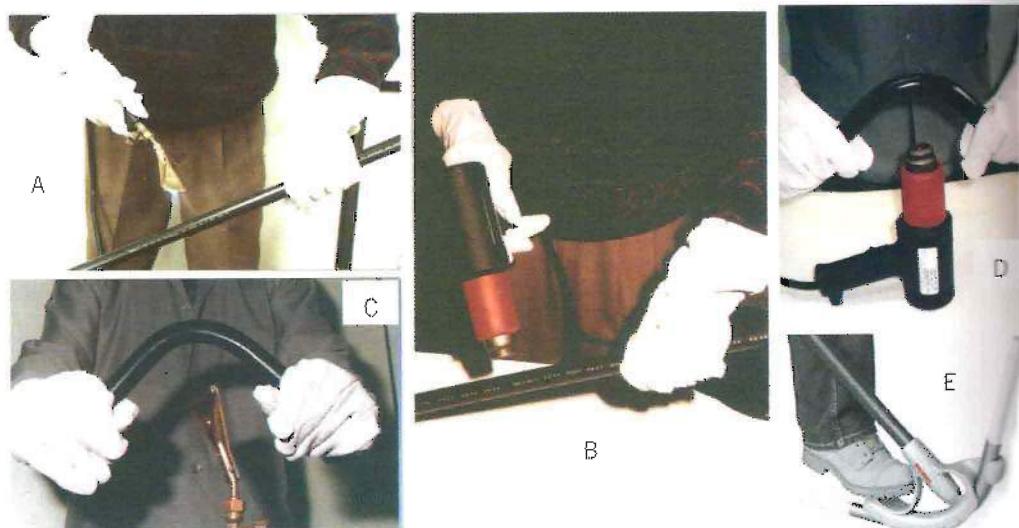
A curva é necessária quando se deseja contornar vigas, pilares, uma superfície com uma curvatura eventual, interligações de eletroduto do teto com eletroduto na parede, e parede e piso, etc.



Vários tipos e aplicação de curvas.

Procedimento para se fazer curva em eletroduto rígido

As figuras abaixo mostram de maneira seqüencial o procedimento para se fazer uma curva em eletroduto rígido de PVC e metálico.



Seqüência para se fazer curvas em eletrodutos de PVC e metálico.

Para curvar eletroduto de PVC ou metálico proceda da seguinte forma:

1. Verifique o local exato do tubo ou eletroduto que deve ser curvado, marcando com dois traços.
2. Com o auxílio do maçarico ou soprador térmico, aqueça o eletroduto de PVC proporcionalmente no local marcado, girando e movimentando longitudinalmente o eletroduto. A fonte de calor deve ser suave para que, simplesmente, amoleça o PVC, conforme figura A e B.
3. Assim que o PVC estiver suficientemente mole comece a curvar o eletroduto sem forçar. Neste momento deve-se apenas moldar a curva, conforme figura C e D.
4. No caso de tubos ou eletrodutos metálicos, a curva deve ser feita com auxílio de um dobra-tubos apropriado, conforme figura E. Devem ser curvados a frio, pois o calor pode danificar a proteção de esmalte ou zinco, podendo oxidar-se.



Alerta

1. Use luvas para executar esta operação com segurança.
2. Ao curvar o eletroduto tome cuidado para não provocar estrangulamento da seção.
3. Ao aquecer, procure não danificar a camada brilhante que reveste o eletroduto e não amoleça demasiadamente.
4. Tome o máximo de cuidado ao lidar com o maçarico, de tal forma que a chama fique o mais longe possível do botijão.

Considerações sobre eletrodutos

- É vedado o uso, como eletroduto, de produtos que não sejam expressamente apresentados e comercializados como tal. Esta proibição inclui, por exemplo, produtos comercializados por seus fabricantes como “mangueiras”.
- “Nas instalações elétricas em geral só são admitidos eletrodutos não-propagantes de chama”.
- “Só são admitidos em instalação embutida os eletrodutos que suportem os esforços de deformação características da técnica construtiva utilizada”.
- “Em qualquer situação, os eletrodutos devem suportar as solicitações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas a que forem submetidos nas condições da instalação”.
- “Nos eletrodutos só devem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares. Isso não exclui o uso de eletrodutos para proteção mecânica, por exemplo, de condutores de aterramento”.
- As dimensões internas dos eletrodutos e respectivos acessórios de ligação devem permitir instalar e retirar facilmente os condutores ou cabos após a instalação dos eletrodutos e acessórios. Para isso, é necessário que:





Arquivo do autor

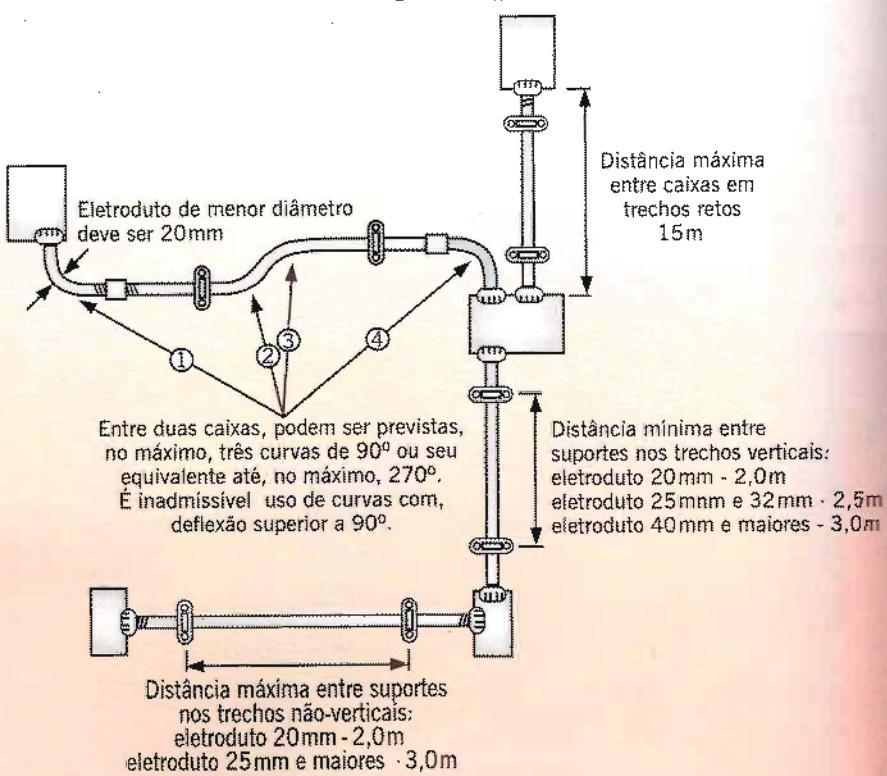
- a) a taxa máxima de ocupação em relação à área útil da seção transversal dos eletrodutos, não deve ser superior a:
- 53% no caso de um condutor;
 - 31% no caso de dois condutores;
 - 40% no caso de três ou mais condutores.
- b) os trechos contínuos (sem interposição de caixas ou equipamentos) retilíneos de tubulação não devem exceder 15m de comprimento para linhas internas às edificações e 30m para as linhas em áreas externas às edificações. Se nos trechos incluírem curvas, essa distância deve ser reduzida de 3m para cada curva de 90°.

→ Nota

Caso não seja possível a colação de caixa intermediária, conforme alínea b), o comprimento do trecho contínuo pode ser aumentado, desde que seja utilizado um eletroduto de tamanho imediatamente superior para cada 6m, ou fração.



Para os eletrodutos de PVC, a distância máxima entre os suportes deve ser a metade da distância em relação aos eletrodutos metálicos.



Em cada trecho de tubulação, entre duas caixas, entre extremidades, ou extremidade e caixa, podem ser previstas no

máximo três curvas de 90° ou seu equivalente até no máximo 270°. Em nenhuma hipótese devem ser previstas curvas com deflexão superior a 90°.

Os eletrodutos embutidos em concreto armado devem ser colocados de modo a evitar deformação durante a concretagem, devendo ainda ser fechadas as caixas e bocas dos eletrodutos com peças apropriadas para impedir a entrada de argamassas ou nata de concreto durante a concretagem.

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

Nas juntas de dilatação, os eletrodutos rígidos devem ser seccionados, o que pode exigir certas medidas compensatórias, como, por exemplo, o uso de luvas flexíveis ou cordoalhas destinadas a garantir a continuidade elétrica de um eletroduto metálico.

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

A enfiagem dos condutores só deve ser iniciada depois que a montagem dos eletrodutos for concluída, não restar nenhum serviço de construção suscetível de danificá-los e a linha for submetida a uma limpeza completa.

Para facilitar a enfiagem dos condutores, podem ser utilizados:

- guias de puxamento que, entretanto, só devem ser introduzidos no momento da enfiagem dos condutores e não durante a execução das tubulações;
- talco, parafina ou outros lubrificantes que não prejudiquem a isolação dos condutores.

→ Nota

Os guias de puxamento só devem ser introduzidos após finalizadas as tubulações, e não durante sua execução.

Utilize sempre eletrodutos rígidos em locais de trânsito de veículos ou sujeitos a grandes esforços.

Ao fazer rosca, não deixar rebarbas internas, pois isso pode dificultar a passagem dos condutores, podendo inclusive danificar a isolação.

Os eletrodutos metálicos não devem ser utilizados em ambientes com excessiva concentração de umidade ou produtos corrosivos.



Instalação dos condutores nos eletrodutos: "Os cabos multipolares só devem conter os condutores de um mesmo circuito.

"Admite-se que os condutos fechados (eletrodutos, canaletas, etc.) contenham condutores de mais de um circuito nos seguintes casos:"

Quando as quatro condições seguintes forem simultaneamente atendidas:

- "os circuitos pertencem à mesma instalação, isto é, se originarem do mesmo dispositivo geral de manobra e proteção";
- "as seções nominais dos condutores de fase estivem contidas dentro de um intervalo de três valores normalizados sucessivos";
- "todos os condutores tiverem a mesma temperatura máxima para serviço contínuo"; e
- "todos os condutores forem isolados para mais alta tensão nominal presente"; ou "no caso dos circuitos de força, de comando e/ou sinalização de um mesmo equipamento".

oficina teórica

1. Preencha as frases abaixo para adequar o conceito:

- a) O eletrodutos rígidos de PVC ou metálicos são encontrados no comércio em barras de _____ metros(m), com ϕn e referência de rosca _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____) são os diâmetros nominais, em milímetro e em polegadas, dos eletrodutos de PVC rígidos encontrados no comércio.
- b) _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____) são os diâmetros nominais, em milímetro e em polegadas, dos eletrodutos metálicos rígidos encontrados no comércio.
- c) _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____); _____(____) são os diâmetros nominais, em milímetro e em polegadas, dos eletrodutos metálicos rígidos encontrados no comércio.
- d) Os eletrodutos rígidos roscáveis devem ser fixados às caixas de derivação ou de passagem por meio de _____ e _____ ou _____.
- e) Nas instalações elétricas em geral, o diâmetro nominal mínimo de eletroduto a ser utilizado é _____ de diâmetro nominal.
- f) _____ é a deflexão máxima para as curvas conforme determina a NBR 5410: 2004.



2. Como são classificados os eletrodutos utilizados em instalações elétricas?

3. Após efetuado o corte, qual o procedimento que se deve tomar antes de se fazer a rosca no eletroduto?

4. Para se fazer roscas em eletroduto de PVC é necessário utilizar algum tipo de óleo ou lubrificante?

5. Quais os cuidados que devem ser tomados na execução de roscas em eletrodutos metálicos?

6. Até que diâmetro de eletroduto é recomendável fazer curvas manualmente?

7. Qual é a taxa máxima de ocupação em relação à área útil da seção transversal dos eletrodutos?

8. Qual é o comprimento máximo do trecho de eletroduto em linha reta, permitido pela NBR 5410:2004?

9. Se nos trechos de eletrodutos incluírem curvas, a distância deve ser reduzida em quantos metros para cada curva de 90°?

10. Quais as finalidades da utilização da bucha e da contra-bucha?



Dimensionamento de eletrodutos

- Determinar a seção total ocupada pelos condutores, conforme tabela página 419, utilizando a seguinte equação:

$$S_t = \sum \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \text{ ou } S_t = \sum (Se)$$

Onde:

S_t = Seção total ocupada pelos condutores no eletroducto, em milímetro quadrado (mm^2).

D = Diâmetro externo do condutor, em milímetro (mm).

$\pi = 3,1415\dots$

Se = Seção externa do condutor, em milímetro quadrado (mm^2).

Conhecendo-se S_t , determina-se o diâmetro externo do eletroducto (mm), pela sua área útil, consultando a tabela página 419.

- Determinar o comprimento máximo do trecho de eletroducto, para a interligação das caixas, utilizando-se a seguinte expressão:

$$\ell_{\max.} = 15 - (3 \times N)$$

Onde:

$\ell_{\max.}$ = Comprimento máximo entre duas caixas, em metros (m).

N = Número de curvas de 90° existentes no trecho (0 a 3).

- Determinar o número de aumentos de diâmetro caso a distância entre as caixas de passagem seja superior a 15m ou 30m e não permita a colocação de caixas intermediárias, utiliza-se a seguinte expressão:

$$A = \frac{\ell_{\text{real}} - \ell_{\max.}}{6}$$

Onde:

A = Aumentos de diâmetros nominais do eletroducto.

ℓ_{real} = Comprimento real do trecho, em metros (m).

$\ell_{\max.}$ = comprimento máximo do trecho (m)



Fonte: Pyramin e Energibrás

Seção nominal do condutor (mm²)	750 V						1000 V		
	Pirastic antiflan				Pirastic-flex antiflan		Energibrás		
	Diâmetro externo (mm)		Seção ou área total (mm²)		Diâmetro externo (mm)	Área total (mm²)	Diâmetro condutor Nu (mm)	Diâmetro externo (mm²)	Área total (mm²)
	Fios	Cabos	Fios	Cabos	Fios	Cabos	(8)	(9)	(10)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)			
1,5	2,8	3,0	6,2	7,1	3,0	7,1	1,57	5,17	21,0
2,5	3,4	3,7	9,1	10,7	3,6	10,2	2,02	5,62	24,8
4	3,9	4,2	11,9	13,8	4,2	13,8	2,56	6,56	33,8
6	4,4	4,8	15,2	18,1	4,7	17,3	3,14	7,14	40,0
10	5,6	5,9	24,3	27,3	6,1	29,2	4,05	8,25	53,4
16	6,5	6,9	33,2	37,4	7,8	47,8	5,13	9,33	68,3
25	8,5		56,7		9,6	72,4	6,4	11,2	98,5
35	9,5		71		10,9	93,3	7,56	12,4	120,7
50	11,0		95,0		13,2	136,8	9,15	14,6	167,3
70	13,0		133		15,0	176,7	10,85	16,3	208,6
95	15,0		177		-	-	12,6	18,6	271,6
120	16,5		214		-	-	14,2	20,4	326,7
150	18,0		255		-	-	15,9	22,5	397,4
185	20,0		314		-	-	17,6	24,8	482,8
240	23,0		416		-	-	20,2	28,0	615,4
300	26,0		530		-	-	22,5	30,9	749,5
400	28,5		638		-	-	25,9	34,9	956,1
500	32,0		804		-	-	28,9	38,6	1169,6

Dimensões totais dos condutores isolados, para 750V e 1000V.

Referência de rosca	Diâmetro nominal (mm)	Diâmetro interno (mm)	Espessura parede (mm)	Área total aprox. (mm²)	Área útil (mm²)	Área útil (mm²)	Área útil (mm²)
					1 cabo (53%)	2 cabos (31%)	≥ 3 cabos (40%)
1	2	3	4	5	6	7	8
1/2"	20	16	2,2	201,1	106,6	62,3	80,4
3/4"	25	21	2,6	346,4	183,6	107,4	138,6
1"	32	26,8	3,2	564,1	299,0	174,9	225,6
1.1/4"	40	35,0	3,6	962,1	509,9	298,3	384,8
1.1/2"	50	39,8	4,0	1244,1	659,4	385,7	497,6
2"	60	50,2	4,6	1979,2	1049,0	613,6	791,7
2.1/2"	75	64,1	5,5	3227,0	1710,3	1000,4	1290,8
3"	85	75,6	6,2	4488,8	2379,1	1391,5	1795,5

Eletrodutos de PVC rígido rosqueável.

Instalações elétricas prediais

Seção nominal (mm ²)	Número de condutores no eletroduto									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Tamanho nominal do eletroduto										
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	50	60
50	32	40	40	50	50	60	60	60	60	70
70	40	40	50	50	60	60	75	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85	85
120	50	50	60	75	75	75	85	85	-	-
150	50	60	75	75	85	85	-	-	-	-
185	50	75	75	85	85	-	-	-	-	-
240	60	75	85	-	-	-	-	-	-	-

Ocupação máxima dos eletrodutos de PVC por condutores de mesma seção.

Seção nominal (mm ²)	Número de condutores no eletroduto									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Tamanho nominal do eletroduto (mm)										
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	31	31	31
10	20	20	25	25	31	31	31	31	31	41
16	20	25	25	31	31	41	41	41	41	41
25	25	31	31	41	41	41	47	47	47	47
35	25	31	41	41	41	47	59	59	59	59
50	31	41	41	47	59	59	59	75	75	75
70	41	41	47	59	59	59	75	75	75	75
95	41	47	59	59	75	75	75	88	88	88
120	41	59	59	75	75	75	88	88	88	88
150	47	59	75	75	88	88	100	100	100	100
185	59	75	75	88	88	100	100	113	113	113
240	59	75	88	100	100	113	113	-	-	-

Ocupação máxima dos eletrodutos de aço por condutores de mesma seção.

Exemplo

Dimensionar os eletrodutos para interligar as caixas CP-1 e CP-2, conforme desenhos abaixo, sabendo-se que serão utilizados eletrodutos de PVC rígidos, e condutores de cobre, tipo Antiflam, com isolação de PVC. Segundo a NBR 5410: 2004, todos os circuitos devem conter condutor de proteção (PE), sendo que o condutor de proteção pode ser comum a vários círcuitos.

circuito 1-1,5mm²



- a) Calcular a seção total (S_t)

$$S_t = (N_1 \times S_{e1}) + (N_2 \times S_{e2}) + (N_3 \times S_{e3}) \rightarrow S_t = (3 \times 6,2) + (5 \times 11,9) + (3 \times 15,2)$$

$$\rightarrow S_t = 18,6 + 59,5 + 45,6 \rightarrow S_t = 123,7\text{mm}^2$$

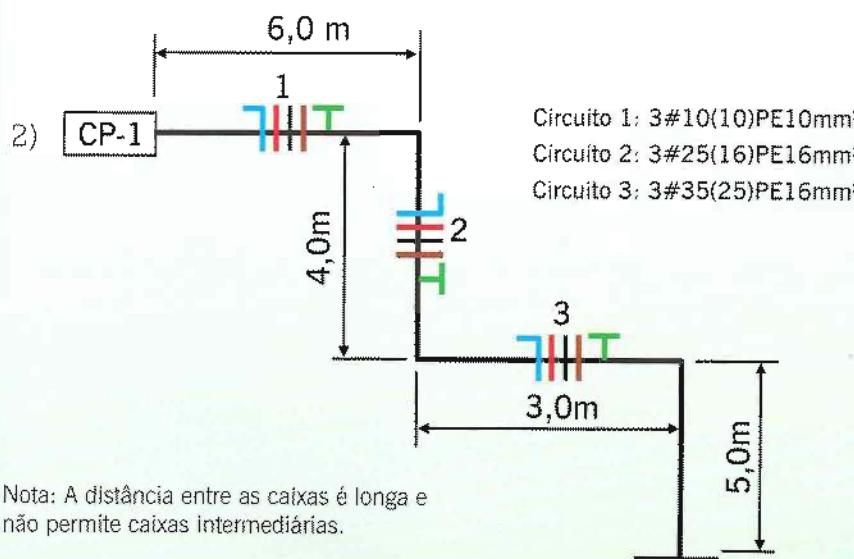
- b) Escolha do eletroduto

Consultando a tabela página 419 área útil – coluna 40 %, com $S_t = 123,7\text{mm}^2$, encontramos por acréscimo 138,6mm².

ELETRODUTO DE PVC DE \varnothing_n 25mm ou $\frac{3}{4}''$.

- c) Comprimento máximo do trecho

$$\ell_{\text{máx.}} = 15 - (3 \times N) \rightarrow \ell_{\text{máx.}} = 15 - (3 \times 0) \rightarrow \ell_{\text{máx.}} = 15\text{m}$$



Nota: A distância entre as caixas é longa e não permite caixas intermediárias.



a) Calcular a seção total (S_t)

$$S_t = \sum \left(\frac{\pi \times D^2}{4} \right)$$

$$S_t = N_1 \times \left(\frac{\pi \times D_1^2}{4} \right) + N_2 \times \left(\frac{\pi \times D_2^2}{4} \right) + N_3 \times \left(\frac{\pi \times D_3^2}{4} \right)$$

$$S_t = 5 \times \left(\frac{3,14 \times 5,6^2}{4} \right) + 3 \times \left(\frac{3,14 \times 8,5^2}{4} \right) + 2 \times \left(\frac{3,14 \times 6,9^2}{4} \right) + 3 \times \left(\frac{3,14 \times 9,5^2}{4} \right) + 1 \times \left(\frac{3,14 \times 8,5^2}{4} \right) + 1 \times \left(\frac{3,14 \times 6,9^2}{4} \right)$$

$$S_t = (5 \times 24,6) + (3 \times 56,7) + (2 \times 37,4) + (3 \times 71) + 56,7 + 37,4$$

$$S_t = 123 + 170,1 + 74,8 + 213 + 56,7 + 37,4 \rightarrow S_t = 675 \text{ mm}^2$$

b) Escolha do eletroduto:

Consultando a tabela da página 419, área útil – coluna 40%, com $S_t = 675 \text{ mm}^2$, encontramos $791,7 \text{ mm}^2$, por acréscimo.

ELETRODUTO DE PVC DE $\varnothing n$ 60mm ou 2”.

c) Devido ao comprimento do trecho e número de curvas, teremos:

- Comprimento real = 18,0m
- Número de curvas = 3
- Comprimento máximo será:

$$\ell_{\text{máx.}} = 15 - (3 \times N) \rightarrow \ell_{\text{máx.}} = 15 - (3 \times 3) \rightarrow \ell_{\text{máx.}} = 15 - 9 \rightarrow$$

$$\ell_{\text{máx.}} = 6 \text{ m}$$

- Calcular o número de aumentos de diâmetro:

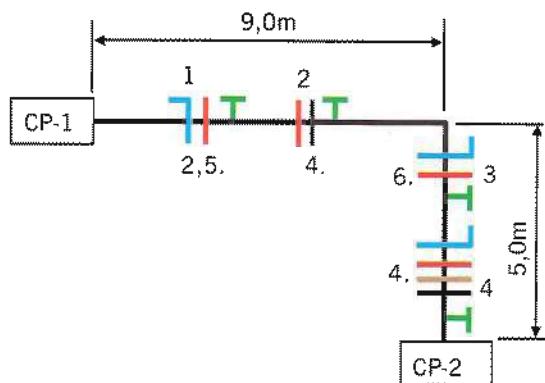
$$A = \frac{\ell_{\text{real}} - \ell_{\text{máx.}}}{6} \rightarrow A = \frac{18,00 - 6,00}{6} \rightarrow A = 2,0$$

Concluímos que com esse resultado devemos utilizar um eletroduto com dois diâmetros imediatamente superiores a 60mm ou 2”, ou seja:

Eletroduto a ser adotado será:
PCV $\varnothing n$ 85mm ou 3”.

oficina teórica

1. Dimensionar o eletroduto para interligar duas caixas de passagem, CP-1 e CP-2, cujas características são apresentadas no esquema abaixo, sabendo-se que será utilizado eletroduto de PVC rígido e condutores de cobre, tipo Antiflam, com isolamento de PVC 70°.



- Calcular a seção total (S_t)
- Escolha do eletroduto
- Comprimento máximo do trecho
- Devido ao comprimento do trecho e número de curvas, teremos que calcular o número de aumentos de diâmetro:



instalações
elétricas prediais



laboratório



Material necessário

Quant.	Unid.	Especificação
30	cm	Eletrodutos de PVC rígido 25mm (3/4) de diâmetro nominal.
1	cj	Tarraxa para eletrodutos de PVC com cossinete de 25mm. (3/4)
1	pç	Arco de Serra, com lâmina de 32 dentes por polegada.
1	fl	Lixa 80
1	pç	Lima bastarda meia-cana
1	pç	Bancada com morsa para cano.
1	Par	Luvas de raspa.

Efetue as atividades práticas



Corte de eletroduto.

1. Corte um pedaço de eletroduto de PVC rígido, de mais ou menos 0,30m, com diâmetro nominal de 25mm (3/4"), utilizando-se dos procedimentos já vistos para essa atividade.

2. Em seguida faça a rosca em ambas as extremidades, conforme a atividade anterior, e elabore a curva de 90°, com maçarico ou soprador térmico, observando criteriosamente as informações dadas anteriormente.



Rosca em eletroduto.



Curva em eletroduto com maçarico.



Curva em eletroduto com soprador térmico.

Caixas de derivação

As caixas de derivação ou de passagem são acessórios que fazem parte da constituição de uma rede ou linha de eletrodutos e permitem realizar todas as soluções de um sistema de instalação, quer seja aparente ou de embutir. As caixas devem ser empregadas para:

1. Facilitar a enfiamento dos condutores da instalação elétrica;
2. Pontos de entrada e saída de condutores, exceto na passagem de condutores de linha aberta para eletroduto cuja extremidade deve ser protegida com bucha;
3. Pontos de emendas e derivação de condutores;
4. Pontos de luz no teto ou na parede (arandelas);
5. Instalação ou fixação de interruptores, pontos de tomadas de corrente, pulsadores, luminárias, etc;
6. Dividir a tubulação em trechos não maiores ao especificado no item b página 414 (Considerações sobre eletrodutos) facilitando a passagem dos condutores em trechos mais longos;
7. Pontos de telefone em paredes e no piso;
8. Instalação de interfones ou porteiros eletrônicos;
9. Sonorização;
10. Sistema de alarme;
11. Pontos de antenas de TV e TV a cabo;
12. Pontos para rede de computadores;

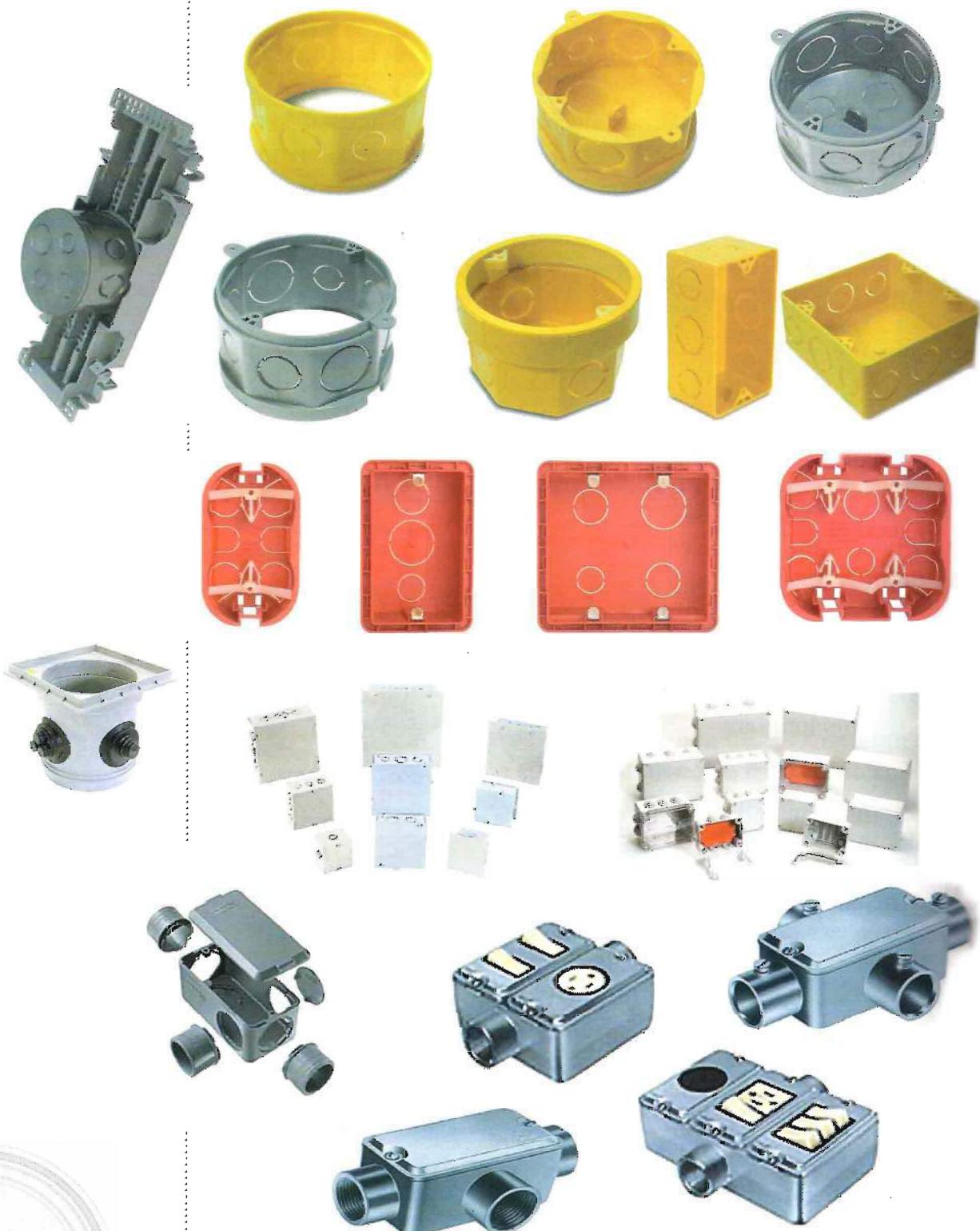
As caixas devem ser colocadas em locais de fácil acesso e providas de suas respectivas tampas.

Quanto à forma de colocação ou instalação, podem ser: de embutir e aparente ou de sobrepor.

As caixas quer sejam de embutir ou aparente, existem uma variedade enorme de modelos para os mais diversos fins, permitindo atender as mais diversas possibilidades de instalação.



As figuras a seguir mostram alguns dos modelos que podem ser encontrados nas lojas do ramo.



Tipos de caixas de derivação ou de passagem utilizadas em instalações elétricas.

→ Observações

1. "A localização das caixas deve ser de modo a garantir que elas sejam facilmente acessíveis. Elas devem ser providas de tampas ou, são para alojar 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". "Admite-se 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 a emenda e/ou derivação de condutores, sem acomodar nenhum dispositivo ou equipamento".
2. "Os condutores devem formar trechos contínuos entre as caixas, não se admitindo emendas e derivações senão no interior das caixas. Condutores emendados ou cuja isolação tenha sido danificada e recomposta com fita isolante ou outro material não devem ser enfiados em eletrodutos".
3. As caixas de derivação ou de passagem podem ser de PVC ou de chapa de aço nº 16 ou 18.
4. As caixas de aço, usar preferencialmente as estampadas, que podem ser zinckadas a fogo, esmaltadas ou galvanizadas.
5. As caixas para instalação no piso devem ser de alumínio injetado ou estampado com tampas de latão removíveis e reguláveis e podem ser simples, duplas e triplas.
6. As caixas para os pontos de iluminação no teto devem ser octogonais com fundo móvel.
7. Todas as caixas devem ser providas de "orelhas" ou "abas" com furos para a fixação dos dispositivos (interruptores, tomadas, etc.). As caixas octogonais devem conter pelo menos quatro orelhas ou quatro abas, sendo duas voltadas para fora e duas para dentro.
8. Os espelhos, placas ou tampas só devem ser colocadas após concluir os trabalhos de acabamento da obra.
9. As caixas subterrâneas podem ser de alvenaria com tampa de concreto e, se for o caso, com tampa lacrável.
10. Nas instalações internas deve-se evitar o uso de caixas de passagem, sem que nesta seja alojado um equipamento.



11. As caixas de passagem situadas em locais de fácil acesso devem ter meios que impeçam que pessoas inabilitadas tenham acesso a elas.
12. Devem ser usados no máximo cinco lados da caixa octogonal ($102 \times 102 \times 51\text{mm} = 4 \times 4 \times 2"$ ou $102 \times 102 \times 102\text{mm} = 4 \times 4 \times 4"$).
13. Nas arandelas de banheiro, utilizar caixa de passagem retangular ($51 \times 102\text{mm}-2 \times 4"$).
14. Ao adquirir qualquer tipo de caixa, verifique a qualidade do material, as dimensões, as furações das orelhas, etc.

oficina teórica

1. Qual é o tipo de caixa de passagem destinado aos pontos de luz no teto?

2. Cite pelo menos 5 aplicações das caixas de passagem.

3. Qual a situação em que não é necessário a colocação de tampa em caixas de derivação ou de passagem?

4. É permitido emenda de condutores no interior dos eletrodutos?

5. Quais as características das caixas de derivação ou de passagem para ser instaladas no piso?

6. Como devem ser as caixas subterrâneas?

aplicando conhecimento

Redes de eletrodutos

Compreendem-se como redes de eletrodutos a interligação dos eletrodutos de uma instalação elétrica, quer sejam de embutir ou aparente, com as caixas de passagem ou de derivação. A execução da instalação da rede de eletrodutos deve obedecer a um projeto elaborado por um profissional. Deve-se levar em conta, também, que os condutores e equipamentos devem ser previstos, no mínimo, para os seguintes sistemas:

- elétrico, para fornecimento de luz e força;
- de comunicação interna, por interfones, porteiros eletrônicos, circuitos fechado de TV;
- de comunicação externa (telefones);
- de alarmes para segurança das pessoas e do patrimônio;
- de sonorização de sinais de rádio, TV e TV a cabo;
- de lógica, para rede de computadores;
- iluminação de emergência.

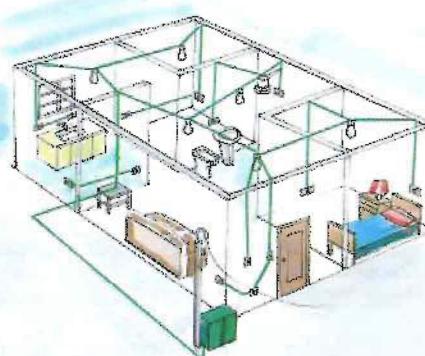


Cada tipo de instalação deve ser executado em rede de eletrodo exclusivo. A elaboração do projeto elétrico deve ser conforme determina a ABNT-NBR 5410: 2004, as especificações do fabricante e de acordo com as necessidades do cliente.

Instalação dos eletrodutos

As informações apresentadas até o momento servem como base tecnológica para a especificação do tipo mais adequado de eletroduto, bem como as características e recomendações técnicas para a sua utilização em instalações elétricas.

Agora vamos apresentar alguns procedimentos que devem ser tomados para a execução de uma rede de eletrodutos.



Fonte: Proconbr

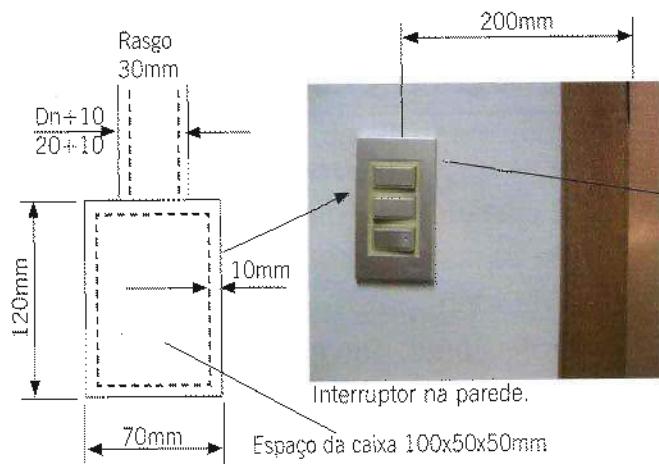
Exemplo de rede de eletrodutos para o sistema elétrico de luz e força.



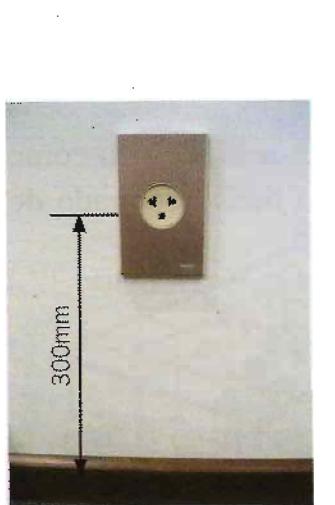
- Posição dos interruptores: Os interruptores devem ser instalados próximos às colunas das portas, do lado oposto ao sentido de abertura.



Ao cortar a parede, a talhadeira deve ser posicionada em ângulo de 45º em relação à parede. Deve-se trabalhar com a talhadeira num plano inferior ao dos olhos para evitar acidentes. Usar luvas, máscara para evitar inalar o pó e óculos de segurança.



As medidas referem-se à altura do piso acabado.



Tomada na parede.



Tomada na parede.



Ligação de chuveiro.

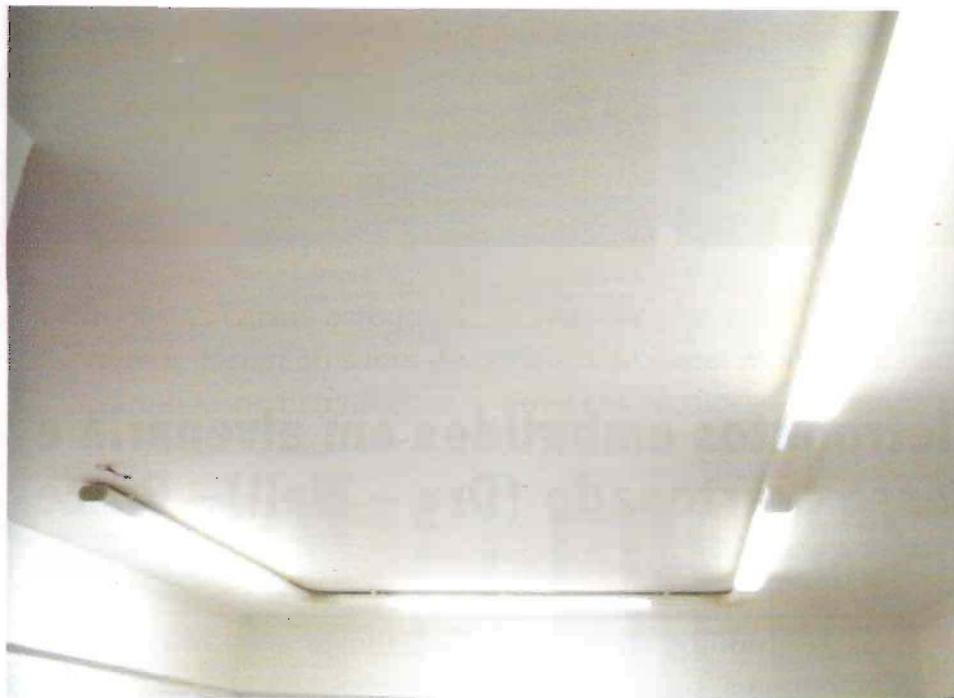
- Posição dos pontos de luz no teto: A primeira atividade a ser feita é a marcação dos pontos onde serão afixadas as caixas octagonais fundos móveis, conforme determina o Projeto Elétrico. Essa atividade deve ser feita da seguinte forma:



Em forros de madeira ou PVC: A marcação é feita de forma indireta, ou seja, marca-se no piso o(s) ponto(s) de luz e transfere-se, com auxílio de um prumo, para o forro.

Em laje mista ou pré-moldada: A marcação do(s) ponto(s) de luz deve ser feito na parte superior. Se for laje mista ou de concreto armado, diretamente no assoalho. Caso seja laje pré-moldada remove-se um dos tijolos e coloca-se o suporte da caixa, o qual pode ser de madeira ou de PVC.

Após a marcação dos pontos procede-se a fixação das caixas, fixando-as pelas “orelhas” ou “abas” externas com a boca voltada para baixo. Remove-se a tampa superior.



Vicente & Corban Design

Pontos de luz no texto

4. Posição das arandelas: Denominam-se arandelas os pontos de luz nas paredes. Denominada também, como luminária de parede. Deve-se prever a instalação de arandelas nos seguintes locais: banheiros; hall; áreas externas, garagens, etc.

A altura da(s) arandela(s) do banheiro deve ser instalada na parte superior do espelho, se for uma arandela, ou duas arandelas uma de cada lado em relação ao centro do espelho ou conforme as características do espelho e do banheiro.

Em outros locais, são geralmente instaladas a uma altura de 1,90 a 2,10m do piso acabado.



Para a instalação das arandelas pode ser utilizada caixas retangulares 2x4".



Arandelas na parede.

Eletrodutos embutidos em alvenaria e gesso acartonado (Dry – Wall) – Procedimento

Os eletrodutos devem ser instalados após a colocação das caixas octagonais, conforme recomendações citadas e após a colocação das ferragens, se for o caso.

A fixação dos eletrodutos de PVC rígido às caixas octagonais deve ser feita por meio de buchas e arruelas (contra-buchas ou porcas), apertando-as firmemente.

Na utilização de eletrodutos flexíveis corrugados, em laje e piso, utilizar os reforçados, cor cinza ou azul, para instalações que exigem um esforço mecânico de 750N/5cm e na parede o amarelo, para instalações que exigem um esforço de 320N/5cm. Neste caso, cuidar com a fixação desse tipo de eletroduto às caixas, preferencialmente utilizar adaptadores.

Para emendar eletrodutos de PVC rígido entre si, se for necessário, ou conectá-los às curvas, a junção das duas pontas

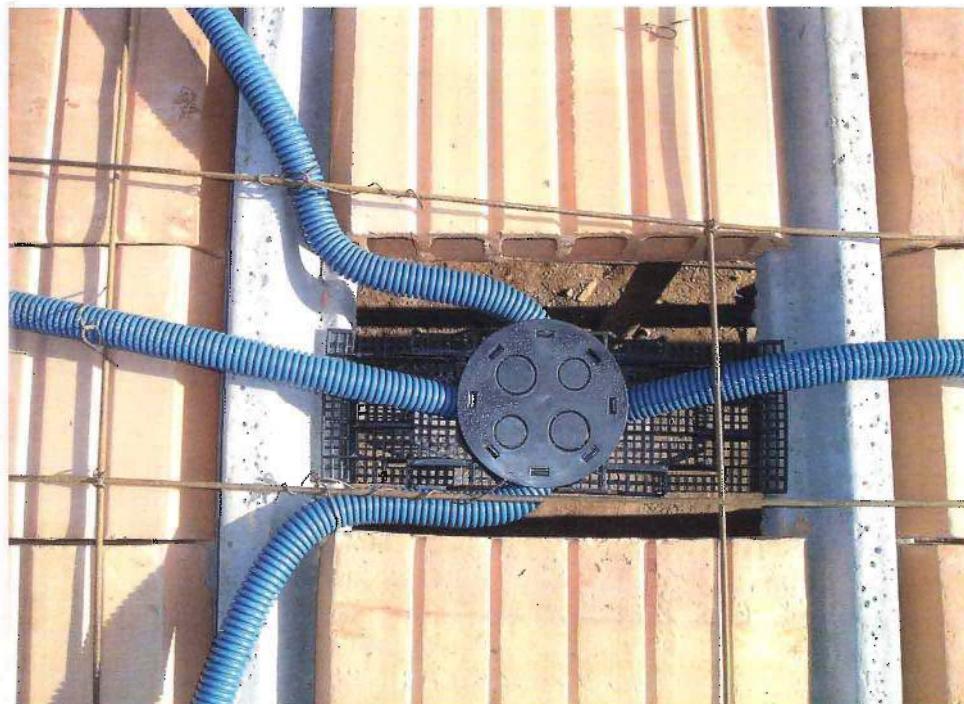
com a luva de emenda deve ser perfeita, sem rebarbas, para facilitar a passagem dos condutores sem danificá-los.

Da mesma forma, ao emendar eletrodutos flexíveis corrugados utilizar luvas de pressão, apropriadas para esse caso. As figuras abaixo ilustram essa atividade:



Emenda de eletroduto flexível e rígido.

- Todas as caixas octogonais devem ser preenchidas com serragem, jornal ou sacos de cimento de papel molhados, comprimindo-os firmemente, e deve ser recolocada a tampa ou fundo nas caixas, como indicado abaixo.



Caixa de passagem com acabamento para concretagem.

Arquivo do autor



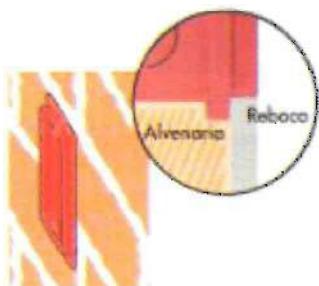
- A união dos eletrodutos deve ser feito com cuidado para não danificá-los na hora do aperto final.
- Todos os eletrodutos devem ser amarrados nas ferragens ou nas vigas pré-moldadas, para evitar que se movam no momento da concretagem.



- As pontas dos eletrodutos de descida, ou subida, devem ser fechadas e protegidas com papel, rolha, etc. que serão emendados posteriormente para a interligação com as caixas nas paredes ou piso.
- Fazer uma verificação final de tudo o que foi feito antes da corretagem e se está de acordo com o projeto elétrico. Se houver algum esquecimento após a concretagem nada mais poderá ser feito.



- Finalizar a rede de eletrodutos, colocando-os nos rasgos previamente efetuados nas paredes, fixando-os com auxílio de pregos ou cunhas de madeira e as respectivas caixas por meio de bucha e arruela (contra-bucha ou porcas), se for eletroduto de PVC rígido ou adaptador se for eletroduto flexível.



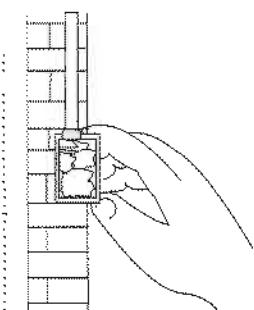
Caixa de passagem na parede.



As caixas devem ficar em torno de 10 mm para fora da parede de tijolos (sem reboco). E após o reboco preferencialmente rente à superfície, ou no máximo 6 mm da superfície acabada. Cuidar para que as caixas não fiquem desalinhadas.



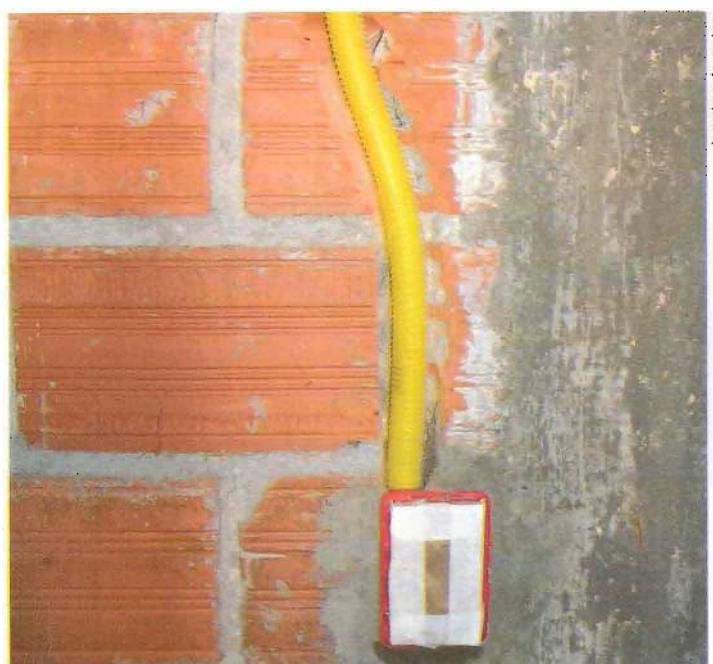
"O eletricista deve encher os rasgos e observar que todas as caixas (parede, laje e piso) estejam cheias de papel, para que o pedreiro possa rebocar a parede sem perigo de a massa penetrar nas caixas e tubulações".



Fitação de eletroduto para reboco.

Arquivo do autor

- Todas as caixas nas paredes ou piso devem ser preenchidas com papel molhado, para evitar a entrada de argamassa no momento do reboco.

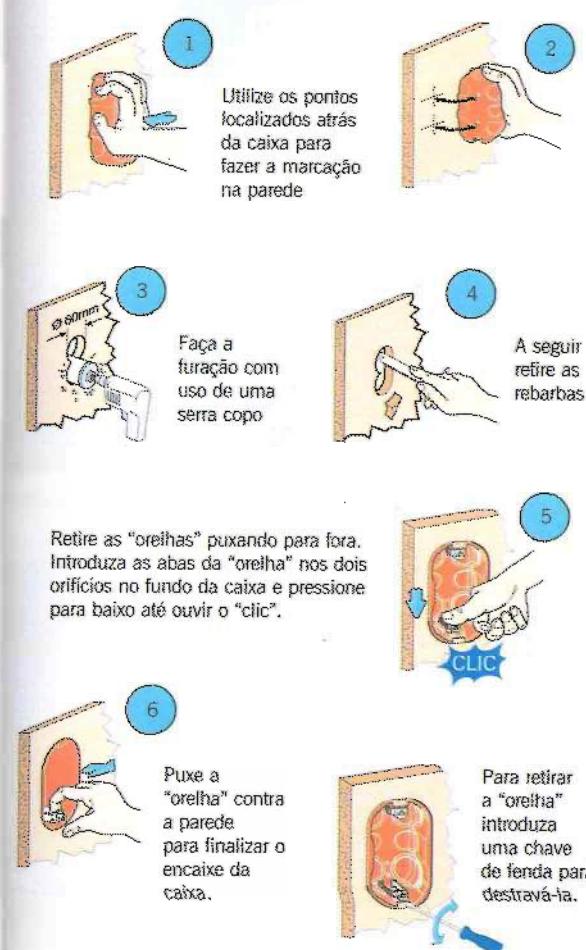


Caixas de passagem com acabamento para reboco.

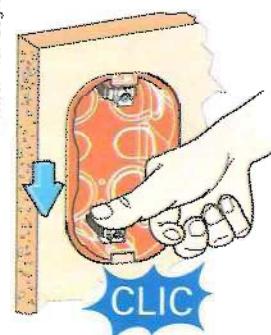
Arquivo do autor

- A instalação de eletrodutos e caixas em paredes de gesso acartonado – Dry-Wall deve ser feito segundo as recomendações abaixo:

■ Passo a passo para a instalação



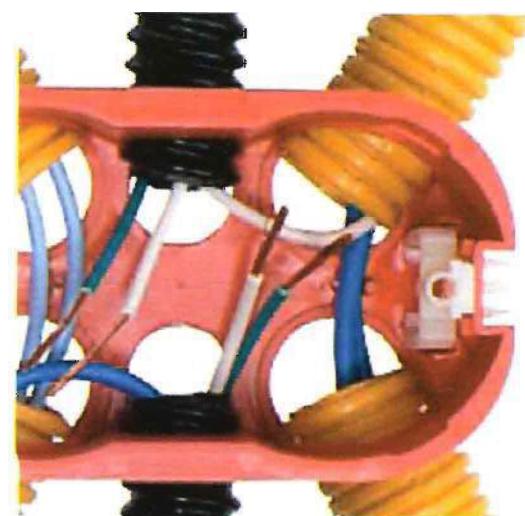
Fonte: Plial-Legrand



As "orelhas" servem para:

- Fixá-la.
- Encaixa-la.
- Ajustá-la com firmeza na parede.

Fonte: Plial-Legrand



Exemplo de aplicação do sistema Dry-Wall.

Instalações aparentes: eletrodutos, molduras, canaletas, eletrocalhas e leitos

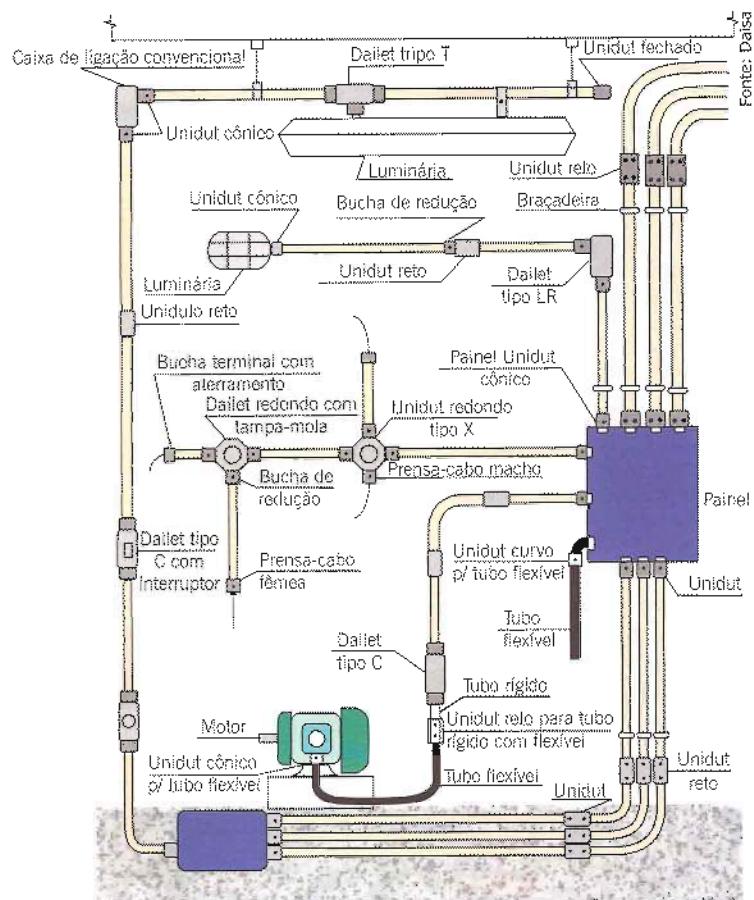
A instalação aparente são, na maioria das vezes, tão necessárias quanto indispensáveis, devido à praticidade de alterações constantes dos "Layout" da instalação de equipamentos, aliando facilidade, segurança, estética, flexibilidade no atendimento as características do local e tipo de instalação. É muito utilizada em indústrias, instalações comerciais, depósitos, oficinas, escola, etc.



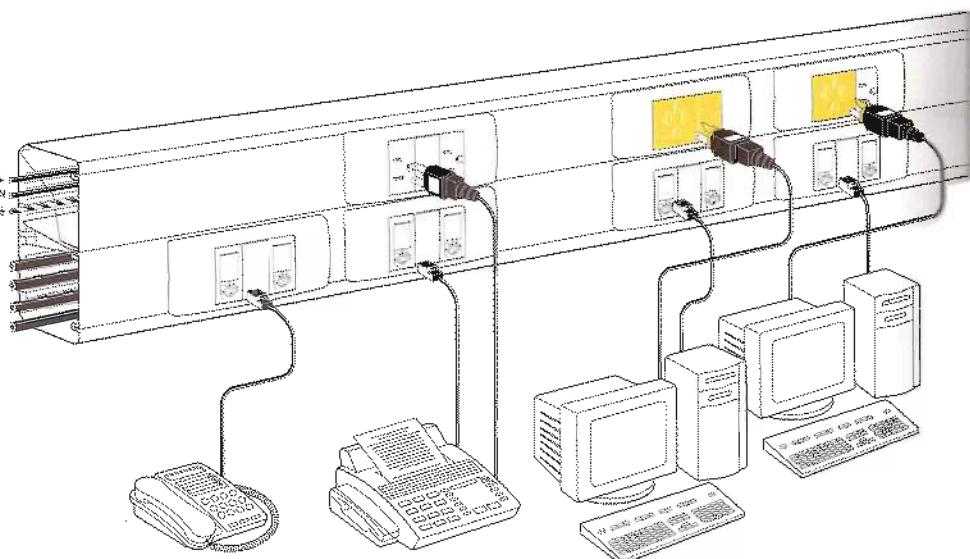
Instalações
elétricas prediais



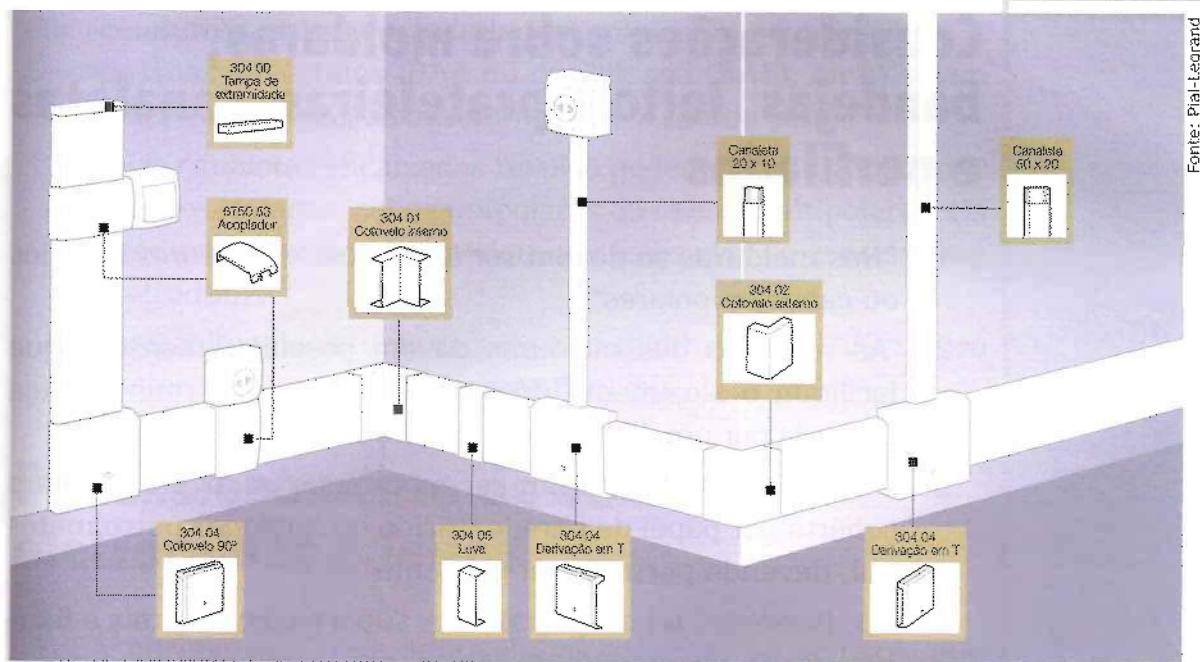
Apresentamos abaixo alguns exemplos de instalações aparentes.



Exemplo de instalação aparente com eletrodutos metálicos e acessórios.



Sistema DLP – Canaleta evolutiva para instalação elétrica e cabeamento estruturado (VDI).



Fonte: Pial-Legrand

Instalação com sistema.



Devido à grande variedade de canaletas, eletrocaixas, bandejas, etc, existentes, deve-se consultar o catálogo do fabricante para se obter informações detalhadas sobre a instalação correta.

- 1 Canaleta evolutiva (ou rodapé DLP)
- 2 Derivação
- 3 Canaleta de piso DLP
- 4 Colunete DLP
- 5 Suporte para colunete
- 6 Módulos Pialplus
- 7 Placas DLP

Fonte: Pial-Legrand



Sistema DLP – canaleta rodapé e colunete.



Arquivo do autor



Arquivo do autor

Instalação com perfilado.



Considerações sobre molduras, bandejas, leitos, prateleiras, canaletas e perfilados

1. "Nas molduras só devem ser instalados condutores isolados ou cabos unipolares";
2. "As ranhuras das molduras devem possuir dimensões que facilitam o alojamento dos condutores e cada ranhura seja ocupada por um único e mesmo circuito";
3. "As molduras não devem ser embutidas na alvenaria, nem coberta por papel de parede, tecido ou qualquer outro material, devendo permanecer aparente";
4. Nas bandejas, leitos, prateleiras, suportes horizontais e fixação direta na parede só devem ser instalados condutores cabos unipolares ou cabos multipolares.";
5. "A fixação das bandejas, leitos, prateleiras ou suportes devem ser escolhidos e dispostos de maneira a não danificar os cabos nem comprometer seu desempenho";
6. "Nas bandejas, leitos e prateleiras, os cabos devem ser dispostos, preferencialmente, em uma única camada. Admitese, no entanto, a disposição em várias camadas, desde que o volume de material combustível representado pelos cabos (isolação, capas e cobertura) não ultrapasse":
 - a) $3,5\text{dm}^3$ por metro linear, para cabos de categoria BF da ABNT NBR 6812;
 - b) 7dm^3 por metro linear, para cabos de categoria AF ou AF/R da ABNT 6812.
7. "Nas canaletas instaladas sobre parede, em tetos ou suspensas e nos perfilados, podem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares. Os condutores isolados só podem ser utilizados em canaletas ou perfilados de paredes não-perfuradas e com tampas que só possam ser removidas com auxílio de ferramenta". Admite-se o uso de condutores isolados 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: a) sejam instalados em locais só acessíveis a pessoas advertidas (BA4 ou qualificada (BA5); ou b) sejam instaladas a uma altura mínima de 2,5m do piso;

8. "Nas canaletas encaixadas no piso podem ser utilizados condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares. Os condutores isolados só podem ser utilizados se contidos em eletrodutos".
9. Para a instalação em canaletas e molduras de PVC utilize preferencialmente condutores flexíveis.

Dimensionamento de bandejas, eletrocalhas e leitos

A norma, que trata sobre linhas elétricas ao ar livre, que incluem as bandejas (eletrocalhas sem tampa) e leitos, não faz menção sobre a taxa de ocupação, da mesma forma que trata sobre instalação de eletrodutos. Não entra em detalhes sobre a quantidade de cabos a serem instalados neste tipo de condutos, recomendando que a instalação seja feita em única camada ou em várias camadas desde que atendidas o disposto em norma.

Portanto, a norma oferece bastante liberdade para o projetista a respeito da escolha e dimensionamento deste tipo de conduto. A título de sugestão apresentamos um método de dimensionamento, tendo como referência o Guia Eletricidade Moderna da NBR 5410, página 124, que se baseia em quatro pontos fundamentais:

1. Não são estabelecidas premissas quanto ao espaçamento entre os cabos quanto à disposição que poderiam proporcionar um dimensionamento elétrico otimizado dos condutores. Portanto, os cabos poderiam ser admitidos contíguos e, se for o caso, em várias camadas.
2. A seção total de um cabo (S) é considerada igual ao quadrado de seu diâmetro externo (D). Isto é, despreza-se o fator $\pi/4$, para levar em conta os vazios entre os cabos. Assim:

$$S = D_e^2$$



3. É considerado um “coeficiente de enchiamento” (k), igual a 1,4 para cabos de potência e a 1,2 para cabos de controle; e
4. É considerado um “fator de reserva” (a), dado em porcentagem (quanto não for prevista reserva, a=0). A seção mínima necessária (S_c), para a bandeja ou leito é dada por:

$$S_c = \sum_1^n S_i \times k \times \frac{100 + a}{100}$$

Por exemplo:

Dimensionar uma bandeja para 20 cabos unipolares de cobre, com isolação de PVC, 750V, 120mm², admitindo-se, na bandeja, uma reserva de 20%. Do catálogo do fabricante obtemos para o cabo de 16,5mm.

$$S = D_e^2 \Rightarrow S = 16,5^2 \Rightarrow S = 272,3\text{mm}^2$$

$$S_c = \sum_1^n S_i \times k \times \frac{100 \times a}{100} \Rightarrow S_c = 20 \times 272,3 \times 1,4 \times \frac{100 + 20}{100} \Rightarrow S_c = 9.149,3\text{mm}^2$$

Escolha da bandeja ou leito.

Com esse resultado podemos utilizar uma bandeja, por exemplo, de 200mm x 50mm de altura, totalizando 10.000mm².

Enfiação dos condutores e fixação de equipamentos

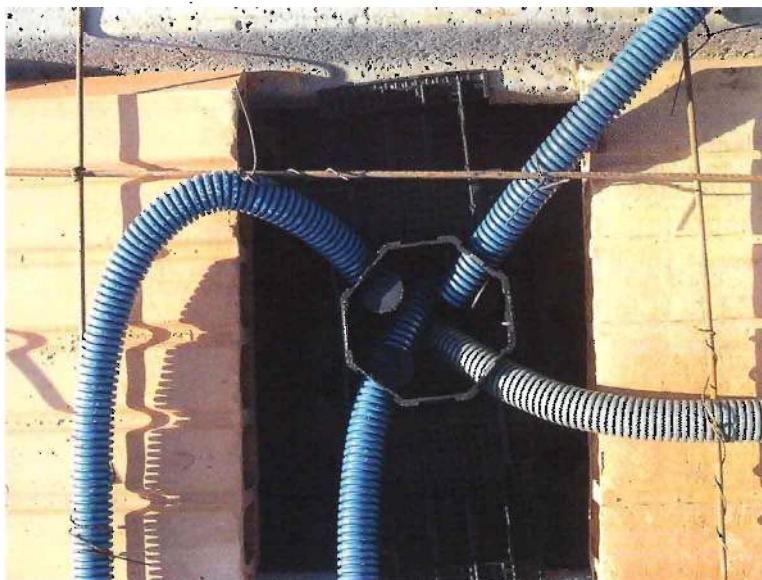
Concluída a montagem de toda a rede de condutos, quer sejam eletrodutos embutidos ou aparentes, canaletas, eletrocaixas, perfis de PVC, etc., passa-se as etapas finais da instalação elétrica, que se referem à enfiação dos condutores, conforme e a fixação de equipamentos (interruptores, tomadas, luminárias, etc.).

Para que esta atividade seja feita com eficiência é recomendável obedecer as recomendações abaixo:

- Nas instalações embutidas, a enfiação dos condutores deve ser feita após a conclusão do revestimento das paredes, isto é, quando não há mais trabalhos com argamassa, cal fino, azulejos, etc.

A pintura de paredes ou outros tipos de revestimento devem ser feitos somente após a eniação dos condutores, e antes da fixação dos equipamentos

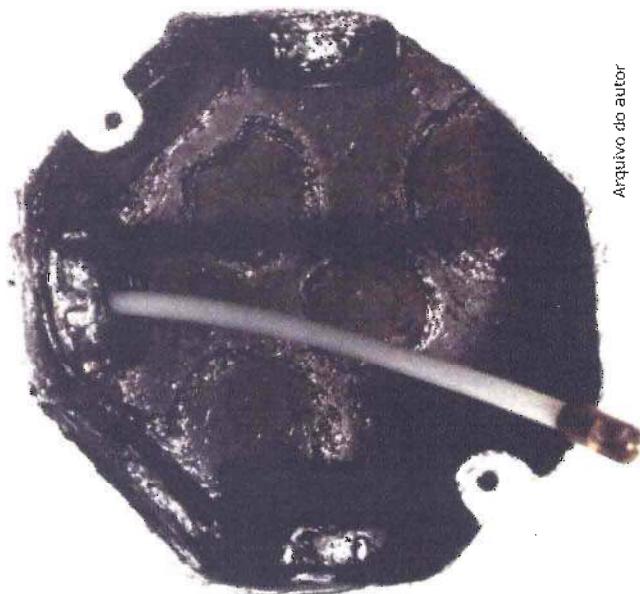
- Deve-se fazer uma boa limpeza interna de todas as caixas com escova, pincel e pano, e ar comprimido se houver disponível na obra.



Sandro Mesquita

Caixas de passagem limpas.

- Após a conclusão de toda a rede de eletrodutos (página 415 itens a e b – Considerações sobre eletrodutos) já é possível passar o guia em cada trecho entre duas caixas. O guia servirá para o puxamento ou eniação dos condutores. Os guias podem ser: arame galvanizado número 14 ou 16, cabo de aço, fita de aço ou guia de nylon.
- O trabalho de eniação dos condutores deve ser feito em cada trecho da rede de eletrodutos entre duas caixas por duas pessoas.



Arquivo do autor

Guia em caixa de passagem



Caso seja utilizado o guia de nylon observar para não aplicar excessivo esforço para não danificá-lo. O guia de nylon, em algumas situações, deve ser utilizado como guia do guia.



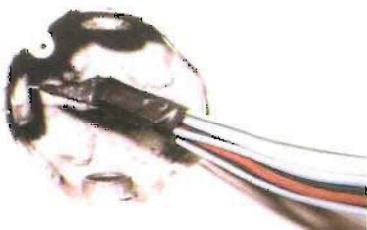


1. Cuidar para não danificar a isolação no ato do puxamento dos condutores.
2. Deixar pelo menos 15cm de sobra de condutores em cada extremidade das caixas (teto, parede ou piso), para facilitar as ligações com os equipamentos e emendas, se for o caso.
3. Usar luvas para não ferir as mãos no momento do puxamento dos condutores.



"A instalação e fixação desses dispositivos, assim como outros itens da instalação (interruptor automático de presença, minuteria, campainhas, etc.) devem ser executadas somente após o acabamento final das paredes, ou seja, após o cal fino, pintura, colocação de azulejos ou outros tipos de revestimentos. As placas ou espelhos, bem como aparelhos de iluminação (luminárias, lustres, etc.) no teto ou parede (arandelas), devem ser fixados somente após a pintura onde, evidentemente, for feito esse tipo de acabamento.

- Com o guia no trecho já é possível passar ou enfiar os condutores. A quantidade de condutores em cada trecho deverá corresponder ao que determina o projeto elétrico.



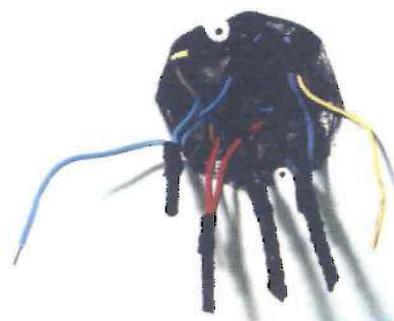
Enfiamento de condutores.

Arquivo do autor



Passagem dos condutores em eletrodo.

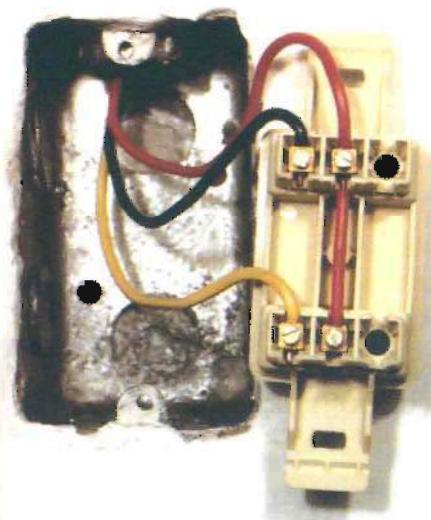
- Assim que forem enfiados todos os condutores, em todos os trechos deve-se fazer as emendas dos mesmos em todas as caixas para proporcionar a continuidade elétrica, observando-se a correta identificação dos circuitos, e as emendas devem ser soldadas e devidamente isoladas, conforme informações vistas anteriormente.



Arquivo do autor

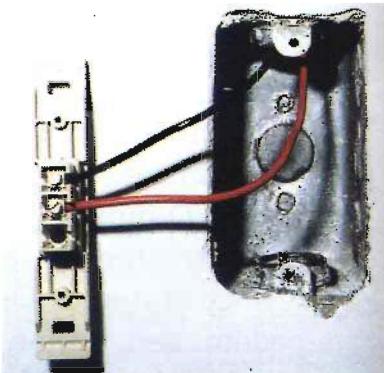
Emenda e isolamento dos condutores.

- Fixação dos dispositivos e equipamentos. Fixar interruptores, tomadas, aparelhos de iluminação, chuveiros, torneira elétrica, etc. E, podemos verificar, o aspecto final da instalação.

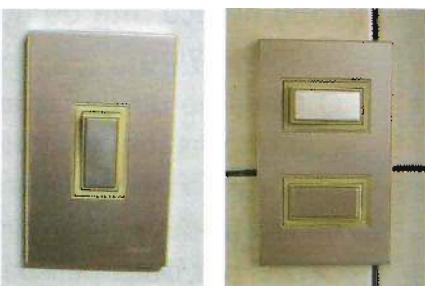


Arquivo do autor

Ligação de interruptor.



Ligação de interruptor.



Instalação de interruptores.



Fixação de equipamentos.



Tomada.

Arquivo do autor



Tomada.

Arquivo do autor



Lâmpada com plafonier.

Arquivo do autor



Lâmpada com plafonier e globo.

Arquivo do autor

- Concluída todas as etapas deve-se fazer, primeiramente, uma inspeção visual desde a documentação da instalação propriamente dita. Em seguida deve-se fazer os ensaios de campo da instalação conforme determina a norma NBR 5410:2004. Este item será visto em projetos elétricos.

oficina teórica

1. O que se entende por rede de eletroduto?

2. Deve-se prever rede de eletrodutos para que tipo de sistemas?



3. Como devem ser posicionados os interruptores, tomadas e as arandelas?

4. Como deve ser feita a emenda de eletrodutos de PVC rígido e flexível corrugado de PVC?

5. Qual o procedimento que se deve fazer com as caixas octogonais fundo móvel antes da concretagem?

6. Quais as ferramentas utilizadas na montagem de uma rede de eletrodutos de PVC rígido ou de aço-carbono?

Projeto de instalação elétrica predial

Toda instalação elétrica deve ser executada a partir de um projeto elétrico.

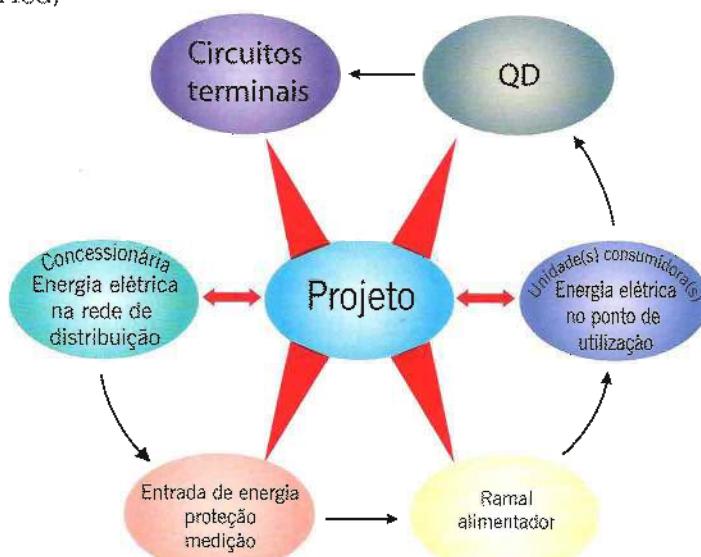
O projeto elétrico tem por finalidade atender a duas situações bem distintas, ou seja, estabelecer uma relação entre a concessionária e a(s) unidade(s) consumidora(s), adequando às necessidades do consumidor com economia e segurança, e em cumprimento às prescrições da norma.

Projeto elétrico é, a princípio, uma espécie de raio X da instalação. É a representação onde se faz a previsão detalhada da instalação, tais como:

- quantificar e determinar os tipos e localização dos pontos de utilização de energia elétrica;
- dimensionar, definir o tipo e o trajeto dos condutores e eletrodutos;
- dimensionar, definir o tipo e a localização dos dispositivos de proteção, de comando, de medição de energia elétrica e demais acessórios (labeee.ufsc); e
- quantificar os materiais necessários para a execução da instalação elétrica.



A segurança deve estar em primeiro lugar. A instalação elétrica é parte fundamental de qualquer obra, por menor que seja, e o projeto elétrico deve ser feito sempre de acordo com a norma, executado e acompanhado por profissional habilitado e qualificado.



As vantagens de um projeto elétrico são:

- segurança da instalação e do usuário;
- precisão (racionalidade) na execução da instalação, bem como na sua funcionalidade;
- "obtenção do custo global da obra ou empreendimento com alta precisão, em função dos desenhos de projeto e da lista de material detalhada que, por sua vez, levarão as empresas instaladoras a efetuar uma cotação correta para posterior execução";
- o custo final do projeto elétrico representa em torno de 5% do valor da obra, não se justificando, portanto, economizar nesta etapa;
- facilidade para possíveis ampliações, modificações e manutenção da instalação;
- utilizando componentes de boa qualidade contribui para a conservação de energia elétrica.

Caso não se tenha um projeto elétrico, os custos da instalação ficam mais elevado; pode haver super ou sub-dimensionamento dos circuitos; não existe segurança para a instalação e, principalmente, para o usuário; a instalação é executada sem o cumprimento das normas; há dificuldade na execução da instalação, bem como para ampliação, modificação e manutenção.

aplicando conhecimento

Documentação da instalação

➔ Nota

Definições usadas em projeto elétrico

Consumidor: "entende-se por consumidor a pessoa física ou jurídica ou comunhão de fato ou de direito, legalmente representada, que solicitar à COPEL (ou à Concessionária da região) o fornecimento de energia elétrica e assumir a responsabilidade pelo pagamento das contas e pelas demais obrigações regulamentares e contratuais".

Unidade consumidora: "Instalações de um único consumidor caracterizado pela entrega de energia elétrica em um só ponto, com medição individualizada".

Entrada de serviço ou entrada de energia: "Conjunto de condutores, equipamentos e acessórios situados entre o ponto de derivação da rede secundária e a medição, inclusive".

Ramal de ligação: "Conjunto de condutores e acessórios situados entre o ponto de derivação da rede secundária e o ponto de entrega".

Ramal de entrada: "Conjunto de condutores, acessórios e equipamentos instalados a partir do ponto de entrega até a medição, inclusive".

"A instalação deve ser executada a partir de projeto específico, que deve conter, no mínimo":

- plantas (Planta de situação e planta dos pavimentos): Em escala conveniente;
- esquemas unifilares e outros, quando aplicáveis (Quadro(s) de distribuição-QD, quadro(s) de força-QFs, prumadas, esquema elétrico, antena coletiva e TV a cabo, porteiro eletrônico, etc.);
- detalhes de montagem, quando necessário (Caixas de passagem, caixa seccionadora, aterramento, pára-raios, entrada de energia-entrada de serviço, centro de medição, convenções-simbologia, etc.);
- memorial descritivo da instalação (memória de cálculo): descrever sucintamente como a instalação deverá ser executada, apresentando as soluções adotadas e sempre que possível anexar tabelas e desenhos complementares ;
- especificação dos componentes (descrição, características nominais e normas que devem atender);
- parâmetros de projeto (correntes de curto-círcuito, queda de tensão, fatores de demanda considerados, temperatura ambiente, etc.).

Parâmetros de projeto "são informações técnicas relevantes, referentes aos dados (considerações) que foram utilizados durante a concepção, o dimensionamento e a especificação dos componentes constantes do projeto da instalação elétrica, e necessários para que qualquer outro profissional possa compreender e avaliar as decisões tomadas. São exemplos de tais parâmetros: temperatura ambiente, fatores de correção, fatores de demanda, fatores de reserva, queda de tensão, capacidade de condução de corrente de condutores, corrente de projeto, correntes presumidas de curto-círcuito, impedância de percurso da corrente de falta, critérios de proteção, classificação das influências externas, graus de proteção de componentes,





"Deve-se evitar a utilização do termo 'projeto as built'. O mais indicado é denominar 'documentação as built'. Projeto é concepção. E o as built é meramente o registro (fotografia técnica) do que foi executado (e não uma concepção)".

equipamentos de utilização, presença de harmônicas, etc.”.

Com isso, podemos observar a exigência da norma, de que toda instalação elétrica deve possuir um projeto. “Após concluída a instalação, a documentação indicada acima deve ser revisada e atualizada, de forma a corresponder fielmente ao que foi executado (documentação ‘como construído’, ou as built)”. “Esta atualização pode ser realizada pelo projetista, pelo executor ou por outro profissional, conforme acordado previamente entre as partes”.

“As instalações para as quais não se prevê equipe permanente de operação, supervisão e/ou manutenção, composta por pessoal advertido ou qualificado (BA4 ou BA5), devem ser entregues acompanhadas de um manual do usuário, redigido em linguagem acessível a leigos, que contenha, no mínimo, os seguintes elementos”.

“São exemplos de tais instalações as de unidades residenciais, de pequenos estabelecimentos comerciais, etc.”.

- a) 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;
- b) Potências máximas que podem ser ligadas em cada circuito terminal efetivamente disponível;
- c) Potências máximas previstas nos circuitos terminais deixados como reserva, quando for o caso;
- d) Recomendação explícita para que não sejam trocados, por tipos com características diferentes, os dispositivos de proteção existentes no(s) quadro(s).

→ Nota

Normas técnicas

As normas técnicas que devem ser consultadas para a elaboração do projeto são:

NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão.

NBR 5444:1989 – Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais.

NBR 5419:2005 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.

NR-10 – Norma Regulamentadora n.10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

NTC 9-01100 – Fornecimento em tensão secundária de distribuição (COPEL), ou norma da concessionária da região.



Critérios para elaboração do projeto

Para a elaboração do projeto, é preciso que sejam estabelecidos alguns critérios, tais como: acessibilidade, flexibilidade (possibilitar possíveis alterações) e reserva de carga (para acréscimo de cargas futuras); Confiabilidade (obedecer normas técnicas para uma perfeita funcionalidade e segurança aos usuários).

As etapas para a elaboração do projeto elétrico são:

1. Anotação de Responsabilidade Técnica ART junto ao CREA local.
2. Carta de solicitação de análise e aprovação da concessária local (possíveis revisões).
3. Informações preliminares: plantas de situação, projeto arquitetônico, projetos complementares (estrutural, hidráulico, etc.), informações obtidas do proprietário.
4. Quantificação do projeto: levantamento da previsão de cargas (quantidade e potência nominal dos pontos de utilização – iluminação, tomadas (TUGs e TUEs) e cargas especiais (elevadores, bombas, portão automático, etc.).
5. Desenho das plantas: desenho dos pontos de utilização, localização dos Quadros de Distribuição - QDs; Localização dos Quadros de Força-QFs; Divisão da instalação em circuitos terminais; desenho (traçado) dos eletrodutos de circuitos terminais; localização das Caixas de passagem dos pavimentos e da prumada, localização do Quadro Geral de Baixa Tensão (DGBT), Centro de medição, Caixa Seccionadora, Ramal alimentador e Ponto de entrega; desenho dos eletrodutos dos circuitos alimentadores; desenho do esquema vertical-prumada e traçado da fiação dos circuitos alimentadores e dos pontos de utilização.
6. Dimensionamento de todos os componentes do projeto, com base nos dados registrados nas etapas anteriores, mais normas técnicas e dados dos fabricantes: dimensionamento dos condutores, eletrodutos, dispositivos de proteção e dos quadros.
7. Quadros de distribuição de cargas-tabelas; esquemas unifilares ou multifilares dos QDs; Esquemas de força e de comando de motores (QFs).
8. Memorial descritivo: descreve o projeto sucintamente, incluindo dados e documentação do projeto.
9. Memorial de cálculo, contendo os principais cálculos e dimensionamentos: cálculo das previsões de cargas;



determinação da provável demanda; dimensionamento de condutores, eletrodutos e dispositivos de proteção.

10. Especificações técnicas e lista de materiais.
11. Documentação “como construído” ou *as built*.

oficina teórica

Projeto elétrico predial

1. Elaboração de um projeto elétrico predial.
 - a) Conforme critérios estabelecidos pela norma NBR 5410: 2004, determina-se a quantidade e potências dos pontos de utilização: iluminação (páginas 267) e pontos de tomadas (página 268), da unidade habitacional.
 - b) Para o cálculo da iluminação, em função do que determina a norma, utilizamos a tabela abaixo.

Potência de iluminação – Pavimento superior

Ambiente	Dimensões		Potência de iluminação (VA)	Potência total de iluminação no ponto (VA)
	Área (m ²)	Perímetro (m)		
Suite master	32,13 (a)	26,35	$32,13\text{m}^2 = 6\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 2,13\text{ m}^2$ 100 60 60 60 60 60 60	460
Sacada da suite master	2,70	(b)	$2,7\text{m}^2 = \text{área até } 6\text{m}^2 = 100\text{VA}$	100
BWC suite master	9,27	(b)	$9,27\text{m}^2 = 6\text{m}^2 + 3,27\text{m}^2$ 100	$(c) (d) + 200 + 120$ 320
BWC suite 2	2,89	(b)	$2,89\text{m}^2 = \text{área até } 6\text{m}^2 = 100\text{VA}$	(d) 160
Circulação suite 2	2,19	(b)	$2,19\text{ m}^2 = \text{área até } 6\text{m}^2 = 100\text{VA}$	100
Suite 2	10,89	13,2	$10,89\text{m}^2 = 6\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 0,89\text{m}^2$ 100 60	160
Circulação escada	1,97	(b)	$1,97\text{m}^2 = \text{área até } 6\text{m}^2 = 100\text{VA}$	100
Escada	5,65	(b)	$5,65\text{m}^2 = \text{área até } 6\text{m}^2 = 100\text{VA}$	100
Luz de emergência				100
Sala de estar	13,23	14,4	$13,23\text{m}^2 = 6\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 3,23\text{m}^2$ 100 60	160
Sacada suite 2	3,37	(b)	$3,37\text{m}^2 = \text{área até } 6\text{m}^2 = 100\text{VA}$	100
Sacada sala de estar	3,72	(b)	$3,72\text{m}^2 = \text{área até } 6\text{m}^2 = 100\text{VA}$	100



Potência de iluminação – Pavimento inferior (térreo)

Arquivo do autor

Ambiente	Dimensões		Potência de iluminação (VA)	Potência total de iluminação no ponto (VA)
	Área (m²)	Perímetro (m)		
Cozinha	11,50 (a)	13,8	$11,50\text{m}^2 = 6\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 1,50\text{ m}^2$ 100 + 60 + Campainha = 40VA	200
Copa	11,91	13,10	$11,91\text{m}^2 = 6\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 1,91\text{ m}^2$ 100 + 60	160
Lavanderia	7,08	11,00	$7,08\text{m}^2 = 6\text{m}^2 + 1,08\text{m}^2$ 100	100
Sala de Jantar	14,66	15,20	$14,66\text{m}^2 = 6\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 0,66\text{ m}^2$ 100 60 60	220
BWC Suíte	2,88	(b)	$2,88\text{m}^2 = \text{área até } 6\text{m}^2 = 100\text{VA}$	(d) 160
Suíte 1	10,89	13,00	$10,89\text{m}^2 = 6\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 0,89\text{m}^2$ 100 60	160
Circulação Suíte 1	2,19	(b)	$2,19\text{m}^2 = \text{área até } 6\text{m}^2 = 100\text{VA}$	100
Circulação escada	1,97	(b)	$1,97\text{m}^2 = \text{área até } 6\text{m}^2 = 100\text{VA}$	100
Sala de visitas	13,23	15,6	$13,23\text{m}^2 = 6\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 3,23\text{m}^2$ 100 60	160
Hall de entrada	-	(b)	Obs.: Critério do projetista	100
Churrasqueira	12,25	(b)	$12,25\text{m}^2 = 6\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 2,25\text{m}^2$ 100 60 + lâmpada churrasqueira=60VA	(g) 220
BWC churrasqueira	1,70	(b)	$1,70\text{m}^2 = \text{área até } 6\text{m}^2 = 100\text{VA}$	100
Abrigo	20,7	(b)	$20,7\text{m}^2 = 6\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 4\text{m}^2 + 2,07\text{ m}^2$ 100 60 60 60	280
Área externa fundos	-	(b)	-----	588
Área externa frente	-	(b)	-----	942
Portão eletrônico	-	-	Obs.: Cálculo na planilha de tomadas. (Página 453)	

No cálculo da iluminação, devemos nos ater às seguintes informações:

- Para atender à nova NBR 5410:2004, a tabela da página 267 mostra de forma simples, como calcular a iluminação dos ambientes.
- Os ambientes que não constam o cálculo do perímetro, deve-se ao fato de que não é utilizado para o cálculo de tomadas.
- No banheiro, pelo cálculo obtém-se apenas um ponto no centro do ambiente, mas temos uma parede que apresenta obstáculo à iluminação. Portanto, neste caso, há necessidade de colocarmos mais um ponto de 100VA.
- Nos banheiros, devemos prever, sobre o espelho, um ou dois pontos de arandelas de 60 VA.



- e) Em unidades habitacionais, considera-se um ponto de iluminação no teto a cada 16m^2 , ou a critério do projetista.
- f) A iluminação externa, segundo a NBR 5410:2004, fica a critério do cliente e do projetista. Neste projeto, estão sendo considerados, na área externa-fundos, dois refletores com lâmpadas a vapor metálico de 250W e dois de 400W, na parte da frente, utilizando-se reatores com fator de potência igual a 0,85 ($\text{FP} = \cos \phi = 0,85$).

$$I_p = \frac{P_w}{V \times \text{FP}} \text{ ou } S = \frac{P_w}{\text{FP}}$$

$$S = \frac{250}{0,85} \rightarrow S = 294\text{VA}$$

$$S = \frac{400}{0,85} \rightarrow S = 471\text{VA}$$

Onde:

S = Potência aparente, em volt-ampère (VA).

P = Potência ativa, em watt (W).

$\text{FP} = \cos \phi$ = Fator de potência.

V = Tensão elétrica, em volt (V).

- g) Internamente, na churrasqueira, deve ser previsto um ponto de iluminação de 60VA, sendo utilizada para ligação condutores tipo EPR ou XLPE para temperatura de 90°C.

→ Observação

Para o cálculo de iluminação em ambientes comerciais e industriais, adota-se os procedimentos da norma NBR 5413: 1992, onde leva-se em consideração, a altura das luminárias em relação ao piso, altura do plano de trabalho, a cor das paredes, teto e piso e a iluminância em lux (quantidade de luz) necessária para aquele tipo de atividade. (cálculo luminotécnico)

→ Nota

Em determinadas situações pode ocorrer que num determinado ponto de iluminação, a potência calculada não se enquadre à potência de valor comercial, como por exemplo: 160VA, 220VA. Esta potência mínima calculada por exigência da norma é a necessária para a iluminação adequada do ambiente.

Como não há no mercado lâmpadas de 160VA ou de 220VA, instala-se mais de uma lâmpada com valores comerciais no ponto, para se chegar à potência desejada.



Diferença das potências ($294 - 250 = 44\text{VA}$) é devido ao funcionamento do reator. Sendo assim, quanto mais próximo da unidade o fator de potência, mais eficiente será a instalação, pois as perdas serão menores.

Tabela de previsão de cargas referente às plantas baixas do sobrado da página 458 (pavimento superior).

Ambiente	Dimensões		Iluminação			TUGs-Tomadas de uso geral			TUEs-Tomadas de uso específico		
	Área (m ²)	Perímetro (m)	Qtde.	Potênci-a Unit. (VA)	Potênci-a Total (VA)	Qtde.	Potênci-a Unit. (VA)	Potênci-a Total (VA)	Qtde. e tipo	Potênci-a Unit. (VA)	Potênci-a Total (VA)
				a	b		c	d			
Suite master	32,13	26,35	2	115 230	460	7 3	100 600	2500	2 AC	1700	3400
Sacada da suíte master	2,7	-	1	100	100	1	100	100	-	-	-
BWC suíte master	9,27	-	2	100 60	320	1	600	600	1 CH 1MHM 1AQHM	5400 1200 6600	5400 1200 6600
BWC Suíte 2	2,88	-	1	100 60	160	1	600	600	1 CH	5400	5400
Circulação suíte 2	2,19	-	1	100	100	1	100	100	-	-	-
Suite 2	10,89	13,2	1	160	160	3 3	100 600	2100	1 AC	1700	1700
Circulação escada	1,97	-	1	100	100	1	100	100	-	-	-
Escada	5,65	-	1	100	100	-	-	-	-	-	-
Sala de estar	13,23	14,4	1	160	160	3 3	100 600	2100	-	-	-
Sacada suíte 2	3,37	-	1	100	100	1	100	100	-	-	-
Sacada S. estar	3,72	-	1	100	100	1	100	100	-	-	-
Ilum. de emergência.	-	-				1			LE	100	100
TOTAL ... Pavimento superior					1.860			8.400			23.800

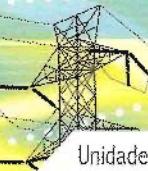
Arquivo do autor



Tabela de previsão de cargas referente às plantas baixas do sobrado da página 459 (pavimento térreo)

Ambiente	Dimensões			Iluminação			TUGs-Tomadas de Uso Geral			TUEs-Tomadas de Uso Específico		
	Área (m ²)	Perímetro (m)	Qtde.	Potência Unit. (VA)	Potência Total (VA)	Qtde.	Potência Unit. (VA)	Potência Total (VA)	Qtde. e tipo	Potência Unit. (VA)	Potência Total (VA)	
				a	b		c	d				
Cozinha	11,50	13,8	1 Camp.	160 40	200	3 3	600 100	2100	1 TE 1 MO 1MLL	4400 1500 2000	4400 1500 2000	
Copa	11,91	13,10	1	160	160	1 3	100 600	1900	-	-	-	
Lavand.	7,08	11,00	1	100	100	3	600	1800	1MLR 1MSR	1800 5000	1800 5000	
Sala de jantar	14,66	15,20	1	220	220	4	100	400	-	-	-	
BWC Suite 1	2,88	-	1 1	100 60	160	1	600	600	1 CH	5400	5400	
Suite 1	10,89	13,00	1	160	160	3 3	100 600	2100	1 AC	1700	1700	
Circulação suíte 1	2,19	-	1	100	100	1	100	100	-	-	-	
Circulação escada	1,97	-	1	100	100	1	100	100	-	-	-	
Sala de visita	13,23	15,6	1	160	160	3 1	100 100	400	-	-	-	
Hall de entrada	-	-	1	100	100	-	-	e)	-	-	-	
Churrasqueira	12,25	-	1 1	160 60	220	2	100	200	-	-	-	
BWC churrasq	1,70	-	1 1	100 60	160	1	600	600	-	-	-	
Abrigo	20,7	-	2	140	280	1	100	100	-	-	-	
Área ext. fundos	-	-	2	294	588	1	1000	1000	-	-	-	
Área ext. frente	-	-	2	471	942	1	1000	1000	-	-	-	
Portão eletrônico	-	-	-	-	-	-	-	-	1 Motor 2cv (Pág. 457)	2013		
TOTAL ... Pavimento térreo					3.650			12.400		23.813		

- a) Dimensões conforme páginas 458 e 459;
- b) Dimensionamento de Iluminação conforme página 267;
- c) Dimensionamento de tomadas de uso geral conforme página 268;
- d) Dimensionamento de tomadas de uso específico página 268;



- e) As áreas inferiores a 2,25m² serão locadas no ambiente mais próximo.

Para o cálculo dos pontos de força, devemos observar o seguinte:

- Para o cálculo do ar-condicionado, deve-se calcular a capacidade térmica do ambiente ou tomar como base um valor aproximado que é 12.500BTU (Unidade de Temperatura Britânica) é equivalente a 1TR que atende a aproximadamente 17m², onde sua potência aproximada é de 1700VA.
- A tomada da varanda, ou da sacada, conforme página 269 pode ser instalada o mais próximo do seu acesso.
- Devemos lembrar que os aparelhos de ar-condicionado e os demais equipamentos de uso específico como chuveiro (CH), Torneira Elétrica (TE), etc., é aconselhável que sejam ligados em 220V, para facilitar o equilíbrio das fases dos quadros de distribuição (QDs).
 - 1) Dimensionamento dos pontos de utilização (Pontos de iluminação e Pontos de tomadas, páginas 267 e 268).
 - 2) Divisão da instalação em circuitos, página 301.
 - 3) Cálculo da demanda, página 274.
 - 4) Dimensões dos ambientes, páginas 458 e 459.
 - 5) Concluída a divisão da instalação em circuitos dos pontos de utilização ou circuitos terminais, identificar na planta cada ponto de luz ou ponto de tomada e o número do circuito respectivo.

→ Nota

- Para o cálculo da potência aparente do motor do portão eletrônico de 2cv trifásico, conforme a tabela do fabricante, temos os seguintes dados: P= 2cv, V=220V trifásico, rendimento(η)=0,85 e Fator de potência FP= cos ϕ = 0,86.

$$S = \frac{P_{cv}}{\eta \times FP} \quad \Rightarrow \quad S = \frac{2 \times 736}{0,85 \times 0,86} \quad \Rightarrow \quad S = 2013 \text{VA}$$

Onde:

S = Potência aparente, em volt-ampère (VA)

P = Potência ativa, em watt (W).

FP = cos ϕ = Fator de potência, em percentual (%).

η = rendimento, em percentual (%).

1cv = 736W.



Representação dos pontos de utilização (iluminação e tomadas) nas plantas baixas.

Após a análise de todos os ambientes e calculados todos os pontos de iluminação e tomadas, conforme páginas 267 e 268, locamos todos esses pontos nas plantas, conforme plantas baixas, páginas 458 e 459.

→ Observação



As informações contidas na observação devem constar no projeto notas elétrico e simbologia.

- Eletrodutos não-especificados para telefone e TV a cabo são de diâmetro nominal ($\varnothing n$) 25mm ou $\frac{3}{4}$ ".
- Eletrodutos não-especificados para os circuitos dos pontos de utilização são de diâmetro nominal ($\varnothing n$) 20mm ou $\frac{1}{2}$ ".
- Condutores não especificados para iluminação são de seção $1,5\text{mm}^2$.
- Condutores não-especificados para tomadas (força) são de seção $2,5\text{mm}^2$.
- Todos os circuitos devem conter condutor de proteção (PE).
- Todas as conexões devem ser soldadas e isoladas com dupla camada de fita isolante de boa qualidade.
- Todas as terminações de eletrodutos em quadros ou caixas de passagem deverão conter bucha e contra-bucha (arruela) de alumínio para maior proteção do isolamento dos condutores.
- Todas as partes metálicas normalmente sem tensão deverão ser aterradas.
- Todos os pontos de aterramento deverão ser interligados.
- A resistência de aterramento não deverá exceder a 10Ω em qualquer época do ano.
- Toda tubulação vazia deverá conter arame guia.
- Qualquer alteração que se fizer necessária somente poderá ser executada após o consentimento do autor do projeto.
- Utilizar, preferencialmente, condutores flexíveis para seções a partir de $2,5\text{mm}^2$.
- Utilizar terminais apropriados para as conexões com condutores flexíveis.

Simbologia

 - Lâmpada incandescente.

 - Tomada

 - Campainha

 - Tomada de telefone

 - Tomada de antena TV e TV a cabo

 - Tomada à prova de umidade, $h=0,30m$ do piso, 1000VA.

 - Interruptor simples de 1 seção

 - Interruptor simples de 2 seções

 - Interruptor simples de 3 seções

 - interruptor paralelo de 1 seção

 - interruptor paralelo de 2 seções

 - interruptor paralelo de 3 seções

 - Pulsador ou botão de campainha.

 - Iluminação de emergência.

EX - Exaustor.

AC - Ar-condicionado, 1700VA.

CH - Chuveiro elétrico, 5400VA.

TE - Torneira elétrica, 4400VA.

MO - Microondas, 1500VA.

MLR - Máquina de lavar roupa, 1800VA.

MLL - Máquina de lavar louça, 2000VA.

AQHM - Aquecedor da hidromassagem, 6600 VA.

MHM - Motor da hidromassagem, 1200VA.

 - Eletroduto para telefone no piso.

 - Eletroduto para antena de TV e TV a cabo no piso.

 - Eletroduto para elétrica embutido na parede e teto.

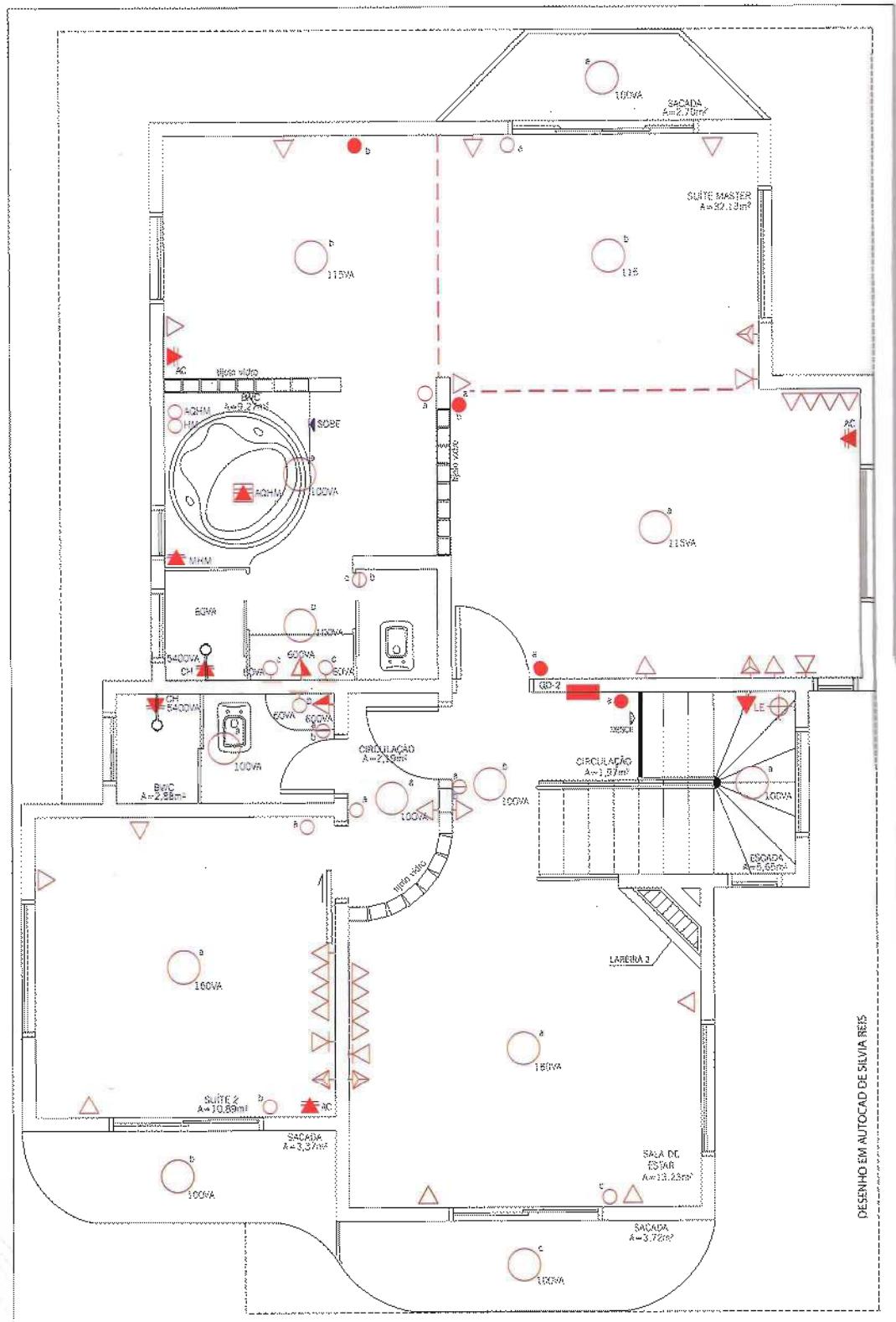
 - Eletroduto para elétrica embutido no piso e solo.



As linhas tracejadas em vermelho, no projeto são as que dividem o ambiente para a locação dos pontos de iluminação.



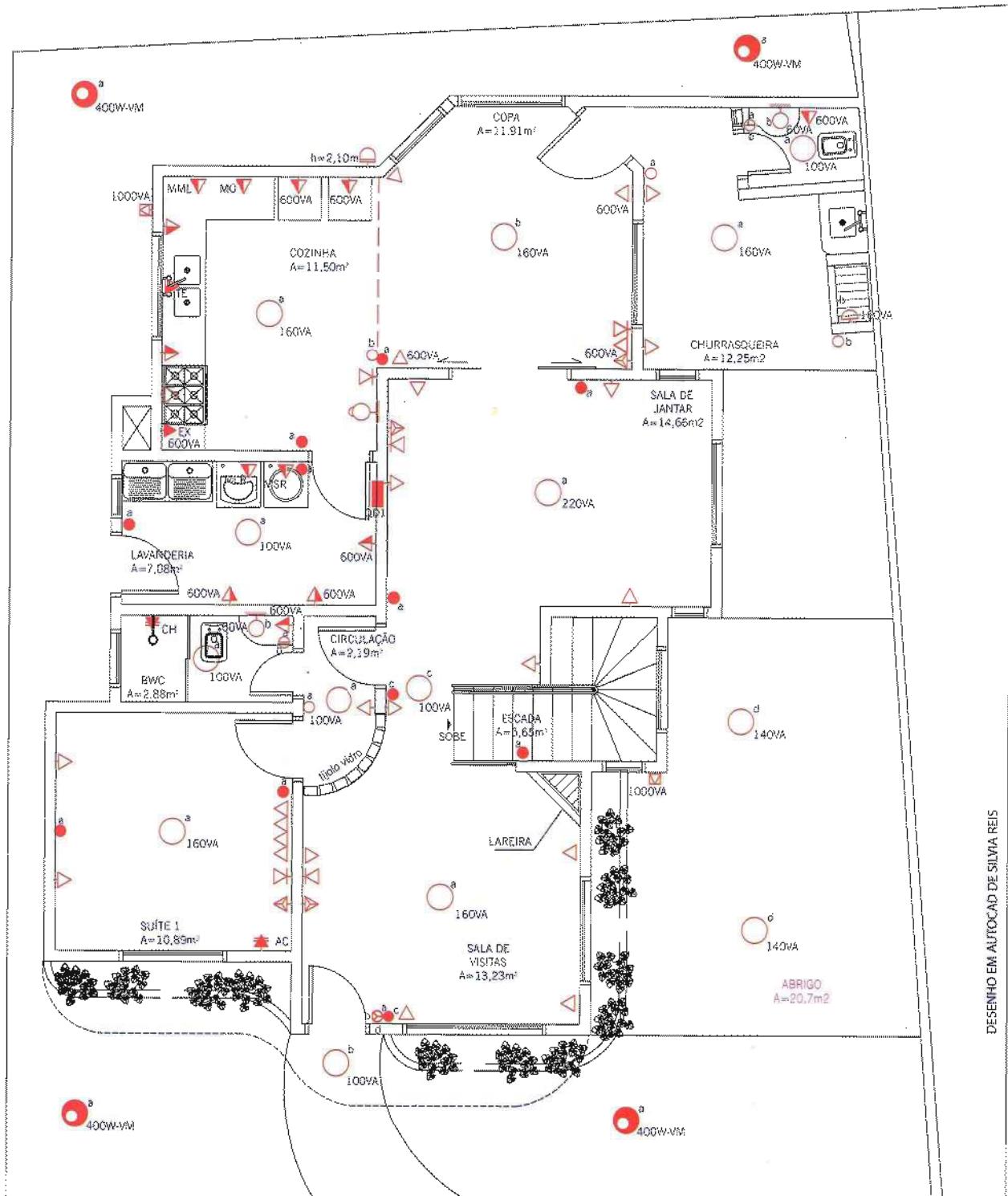
Posicionamento dos componentes da instalação.



Planta baixa - pavimento superior

DESENHO EM AUTOCAD DE SILVIA REIS

Posicionamento dos componentes da instalação.



Planta baixa - pav. Térreo



Instalações
elétricas prediais

DESENHO EM AUTOCAD DE SILVIA REIS



Quadro de cargas e divisão da instalação em circuitos – pavimento superior – QD2

Nº	Círculo Tipo	Tensão (V)	Especificação (Local)	Potência Total (VA)	FASES			
					R	S	T	
1	Illum.	127	Suite master.	880	880			
2	Illum.	127	Restante Pav. superior.	980	980			
3	TUG.	127	BWC suite máster e suite 2.	1200		1200		
4	TUG.	127	TUGs Pav. superior.	1500		1500		
5	TUG.	127	TV, Video e som Suite master	1900			1900	
6	TUG	127	TV, Video e som Sala de estar.	1900	1900			
7	TUG	127	TV, Video e som Suite 2.	1900			1900	
8	TUE	220	AC Suite master.	1700	850		850	
9	TUE	220	AC Suite master.	1700		850	850	
10	TUE	220	AC Suite 2.	1700	850	850		
11	TUE	220	CH suite master.	5400	2700		2700	
12	TUE	220	MHM- Motor hidromassagem.	1200	600	600		
13	TUE	220	AQHM- aquecedor da Hidromassagem.	6600		3300	3300	
14	TUE	220	Chuveiro suite 2.	5400	2700	2700		
15	TUE	127	Iluminação de emergência.	100		100		
				Carga instalada (VA)	34.060	11.460	11.100	11.500
				Demand. (Total e parciais por fase) (VA)	16.028,4	5.291,40	5.436	5.301
				Corrente em função da demanda (parcial por fase) (A)	41,7	42,8	41,7	

→ Observação

1. Para se obter a corrente por fase em função da demanda procede-se da seguinte forma:

$$I_R = \frac{S_R}{v} \quad I_S = \frac{S_S}{v} \quad I_T = \frac{S_T}{v}$$

Onde:

S_R , S_S , S_T = Potência de demanda nas fases R, S e T, em volt-ampère (VA).

I_R , I_S , I_T = Corrente, em função da potência de demanda, em ampère (A)

v = tensão entre fase e neutro, 127V (Sistema COPEL).

2. Observar que o somatório das potências de demanda em cada uma das fases (parciais por fase) deve ser igual à potência de demanda total.



Quadro de cargas e divisão da instalação em circuitos – pavimento térreo –, QD1

Arquivo do autor

Circuito		Tensão	Especificação (Local)	Potência total (VA)	FASES		
Nº	Tipo	(V)			R	S	T
1	Ilum.	220	Refletores externos.	1530	765	765	
2	Ilum.	127	Coz., AS, jantar, copa e churrasq.	1060		1060	
3	Ilum.	127	BWC suíte 1, Suíte 1, Salas e circulação.	1060			1060
4	TUG.	127	TUGs Cozinha.	2100			2100
5	TUG.	127	Tomadas da copa.	1900		1900	
6	TUG	127	Tomadas da Área de Serviço.	1800	1800		
7	TUG	127	Circ., sala de jantar, Churrasq. e BWC.	1300	1300		
8	TUG	127	Suite 1, BWC suíte 1, sala de jantar e abrigo.	1400	1400		
9	TUG	127	TV, vídeo e som suíte 1.	1900			1900
10	TUG	127	Tomadas externas.	2000	2000		
11	TUE	127	Máquina de lavar louça.	2000			2000
12	TUE	127	Microondas.	1500	1500		
13	TUE	220	Torneira elétrica.	4400		2200	2200
14	TUE	127	Máquina de lavar roupa.	1800	1800		
15	TUE	220	Máquina de secar roupa.	5000		2500	2500
16	TUE	220	Chuveiro suíte 1.	5400	2700	2700	
17	TUE	220	Ar-condicionado suite 1.	1700		850	850
18	TUE	220	Motor do portão automático 2cv.	2013	671	671	671
19			QD2.				
			CARGA INSTALADA – QD1.	39.863	13.936	12.646	13.281
QD2			CARGA INSTALADA (VA)	34.060	11.460	11.100	11.500
			DEMANDA (VA)	16.028,4	5.291,4	5.436	5.301
Carga instalada (VA)				73.923	25.396	23.746	24.781
Demanda (Total e parciais por fase) (VA)				33.453,8	10.837,5	11.414,97	11.201,4
Corrente em função da demanda (parcial por fase) (A)					85,3	89,9	88,2



→ Observação

- Como o motor do circuito 18 é trifásico a potência total é dividida por três para a distribuição da potência em cada fase.
- Determina que devem ser consideradas as possibilidades de não-simultaneidade de funcionamento das cargas, bem como capacidade de reserva para futuras ampliações. Determina, também, as cargas devem ser distribuídas entre as fases, de modo a obter-se o maior equilíbrio possível.
- Identifique o número do circuito nas plantas das páginas, 498 e 499.

Cálculo da demanda total e classificação do consumidor

Com os dados obtidos no quadro de cargas (páginas 460 e 461), determina-se a demanda total da instalação e classifica-se o consumidor. Classificar o consumidor significa enquadrar esse consumidor a uma categoria ou tipo de fornecimento conforme a concessionária local.

Calcular a demanda pavimento superior - QD2, temos:

→ Observação

Para o cálculo da demanda, seja demanda da instalação (demanda total) ou demanda por fase, deve-se somar cada tipo de ponto de utilização, ou seja, somar-se Iluminação (Ilum.), TUG e TUE, conforme coluna 2 do quadro de cargas e divisão da instalação, das páginas 460 e 461.

Para o cálculo da demanda das fases R, S e T, deve-se utilizar os mesmos fatores de demanda utilizados no cálculo da demanda do QD2 (D_{QD2}).

$$D_{QD2} = (\text{Ilum.} + \text{TUG}) \times fd_1 + \text{TUE} \times fd_2$$

Onde:

D_{QD2} = Demanda da instalação do pavimento superior, em (VA).

Ilum. = Potência do(s) circuito(s) de iluminação, em (VA)

TUG = Potência do(s) circuito(s) de Tomadas de Uso Geral, em (VA)

TUE = Potência do(s) circuito(s) de Tomadas de Uso Específico, em (VA)

fd_1 e fd_2 = Fatores de demanda conforme tabelas, páginas 303 e 304

$$D_{QD2} = (\text{Ilum.} + \text{TUG}) \times fd_1 + \text{TUE} \times fd_2 \rightarrow D_{QD2} = (1.860 + 8.400) \times fd_1 + (23.800 \times 0,57) \rightarrow$$

$$D_{QD2} = (10.260 \times 0,24) + 13.566 \rightarrow D_{QD2} = 2.462,4 + 13.566 \rightarrow$$

$$D_{QD2} = 16.028,40 \text{VA} \quad \text{ou} \quad D_{QD2} = 16 \text{kVA}$$

Cálculo da demanda e da corrente por fase do QD2, considere:

$$D_R = (\text{Ilum.} + \text{TUG}) \times fd_1 + \text{TUE} \times fd_2$$

$$D_R = (1.860 + 1.900) \times 0,24 + (7.700 \times 0,57) \quad I_R = \frac{S_{D_R}}{V} \rightarrow I_R = \frac{5.291,40}{127} \rightarrow$$

$$D_R = 902,4 + 4.389$$

$$D_R = 5.291,40 \text{VA}$$

$$D_S = (\text{TUG})x\text{fd}_1 + \text{TUE}x\text{fd}_2$$

$$D_S = (2.700 \times 0,24) + (8.400 \times 0,57)$$

$$D_S = 648 + 4.788$$

$$D_S = 5.436 \text{VA}$$

$$I_S = \frac{S_{D_S}}{V} \Rightarrow I_S = \frac{5.436}{127} \Rightarrow I_S = 42,8 \text{A}$$

$$D_T = (\text{TUG})x\text{fd}_1 + \text{TUE}x\text{fd}_2$$

$$D_T = (3.800 \times 0,24) + (7.700 \times 0,57)$$

$$D_T = 912 + 4.389$$

$$D_T = 5.301 \text{VA}$$

$$I_T = \frac{S_{D_T}}{V} \Rightarrow I_T = \frac{5.301}{127} \Rightarrow I_T = 41,7 \text{A}$$

→ Observação

Para o cálculo da demanda da instalação (demanda total = QD1) da unidade consumidor, utiliza-se a mesma fórmula, apenas soma-se à demanda do pavimento superior (D_{QD2}).

Cálculo da demanda pavimento térreo – QD1, temos

$$D_{QD1} = (\text{Ilum.} + \text{TUG})x\text{fd}_1 + \text{TUE}x\text{fd}_2 + D_{QD2} \Rightarrow$$

$$D_{QD1} = \{(3.650 + 12.400)x0,24\} + (23.813 \times 0,57) + 16.028,40 \Rightarrow$$

$$D_{QD1} = (16.050 \times 0,24) + 13.573,40 + 16.028,40 \Rightarrow D_{QD1} = 3.852 + 13.573,40 + 16.028,40$$

$$D_{QD1} = 33.453,8 \text{VA} \quad \text{ou} \quad D_{QD1} = 33,5 \text{kVA}$$

Cálculo da demanda e da corrente por fase do QD1, considere:

$$D_R = (\text{Ilum.} + \text{TUG})x\text{fd}_1 + \text{TUE}x\text{fd}_2 + D_{R(QD2)}$$

$$D_R = \{(765 + 6.500)x0,24\} + 6.671 \times 0,57 + 5.291,40$$

$$D_R = 1.743,6 + 3.802,47 + 5.291,40$$

$$D_R = 10.837,5 \text{VA}$$

$$I_R = \frac{S_{D_R}}{V} \Rightarrow I_R = \frac{10.837,5}{127} \Rightarrow I_R = 85,3 \text{A}$$

$$D_S = (\text{Ilum.} + \text{TUG})x\text{fd}_1 + \text{TUE}x\text{fd}_2 + D_{S(QD2)}$$

$$D_S = \{(1.825 + 1.900) \times 0,24\} + (8.921 \times 0,57) + 5.436$$

$$D_S = 894 + 5.084,97 + 5.436$$

$$D_S = 11.414,97 \text{VA}$$

$$I_S = \frac{S_{D_S}}{V} \Rightarrow I_S = \frac{11.414,97}{127} \Rightarrow I_S = 89,9 \text{A}$$



$$D_T = (\text{Illum.} + \text{TUG}) \times fd_1 + \text{TUE} \times fd_2 + D_{T(QD2)}$$

$$D_T = \{(1.060 + 4.000) \times 0,24\} + (8.221 \times 0,57) + 5.301 \quad I_T = \frac{S_{D_T}}{V} >$$

$$D_T = 1.214,40 + 4.686 + 5.301 \quad I_T = \frac{11.201,40}{127} > I_T = 88,2A$$

Classificação do consumidor

Calculada a demanda total da unidade habitacional, vamos determinar o tipo de padrão de entrada de energia (classificação do consumidor), em função da concessionária de energia elétrica da região (no nosso caso a COPEL).

Nas páginas 284 e 285 com a tabela de limitações das categorias de atendimento, e dimensionamento da entrada de serviço, classificamos o consumidor.

Na coluna demanda máxima prevista (kVA), vamos procurar o valor imediatamente superior à demanda calculada total da unidade habitacional, (D_{QD1}) conforme página 463:

Classificação do consumidor

Categoria de atendimento: 41		
Demanda da categoria: 38kVA; Demanda da instalação: 33,5kVA		
Condutores		
Ramal de ligação Cobre: 16mm ² , Alumínio: 2AWG ou 25mm ²	Ramal de entrada Cobre: Fase: 35mm ² Neutro: 25mm ²	Aterramento Cobre: 16mm ² Aço-cobre: 4AWG.
Caixas padrão Tipo: CN - Medidor	Disjuntor $I = 100A$ TRipolar	Eletrodotu PVC: 40mm (1.1/4") Aço-Carbono: 33mm

→ Nota

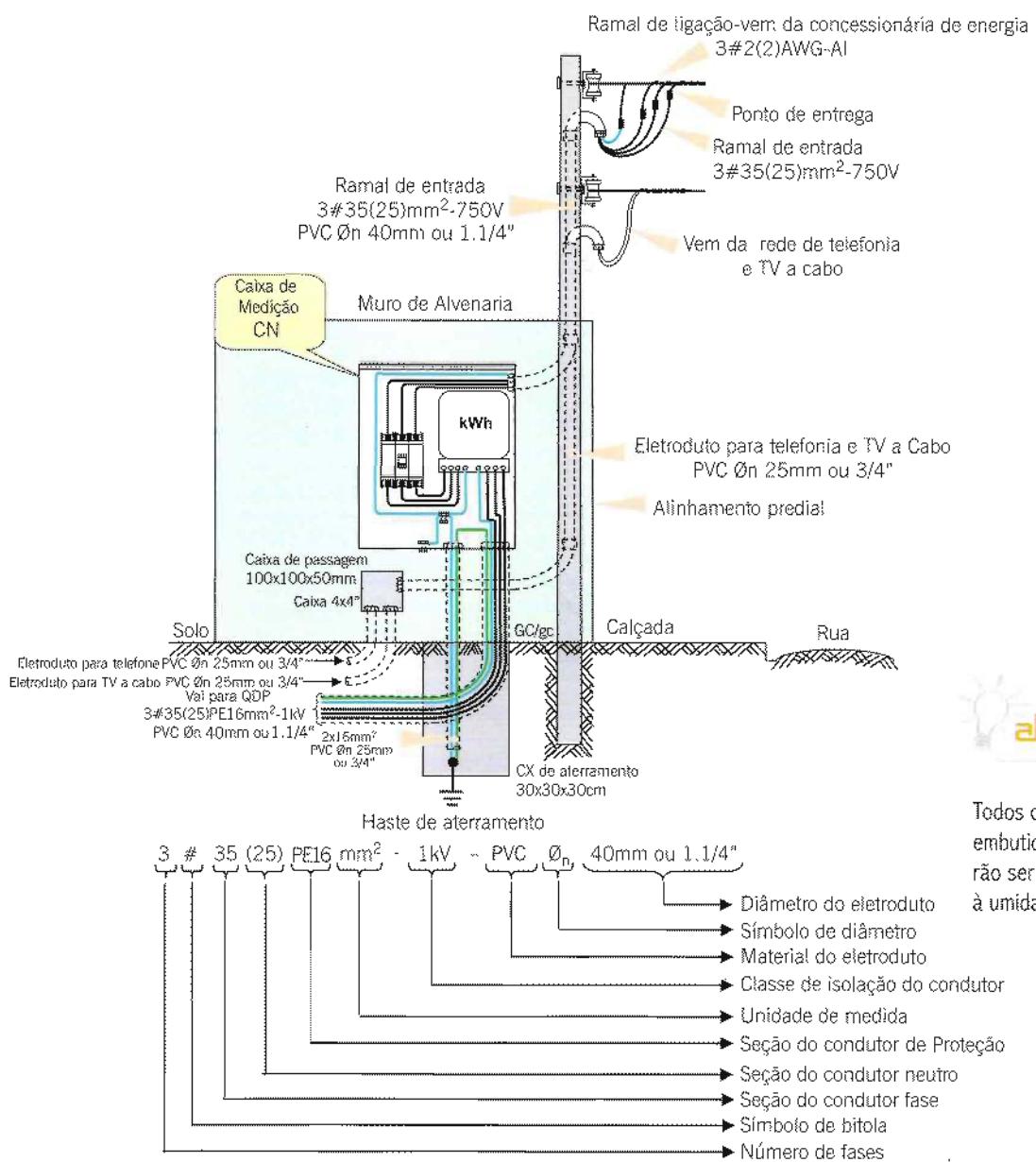
Lembramos que a demanda do QD1 corresponde à demanda de toda a instalação da unidade habitacional.

Para sabermos se os cálculos estão corretos devemos observar os valores das correntes, se as mesmas estão com valores próximos da igualdade. Se isso ocorrer, podemos dizer que as cargas estão equilibradas nas três fases.



Pela demanda total (33.453,80VA ou 33,5kVA) de acordo com a concessionária COPEL nos dá um disjuntor de 100A. Portanto, nas páginas 465 e 466, em nenhuma circunstância uma das fases poderá ultrapassar esse valor de corrente. Se isto ocorrer ou se os valores das correntes estiverem bem diferentes uma das outras, deve-se refazer todos os cálculos.

Padrão de entrada de energia



Todos os condutores
embutidos no solo deve-
rão ser para 1kV, devido
à umidade.



Dimensionamento da instalação elétrica da unidade habitacional unifamiliar

A partir de agora apresentaremos os cálculos para determinar a seção dos condutores, segundo os critérios já vistos, bem como o dimensionamento dos disjuntores e eletrodutos.

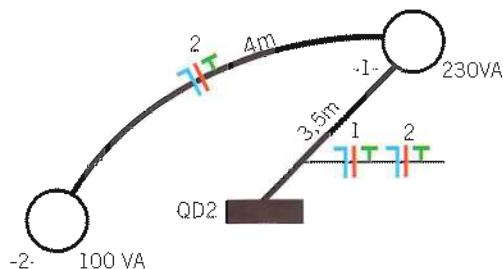
Lembramos que no início do projeto deve ser consultada a tabela "Tipos de linhas elétricas" da página 315 para verificar se o eletroduto está embutido em alvenaria, método de instalação 7 e método de referência B1, para condutores com classe de isolamento 750V e com temperatura ambiente de 30°C, página 327. E para eletroduto embutido no solo utiliza-se o método de instalação 63 e método de referência D, página 315 com temperatura do solo 20°C, página 327.

Com relação ao número de condutores carregados, utiliza-se 2cc (dois condutores carregados), para Fase - Neutro ou Fase - Fase, sendo que o 3cc utiliza-se somente para o trifásico.

Para o projeto serão considerados os disjuntores UNIC-Bolt-on tropicalizados.

Dimensionamento dos circuitos - pavimento superior

Circuitos 1 e 2



Círculo 1 – S = 880VA
Círculo 2 – S = 980VA
Tensão (v) = 127V

A – Critério da seção mínima (Tabela Página 309).

Circuitos de pontos de iluminação

Condutor seção mínima 1,5mm².

B - Critério da capacidade de condução de corrente

Círculo 1

$$I_p = \frac{S}{v} \geq I_p = \frac{880}{127} \geq I_p = 6,9A$$

Tabela Página 322 - (lc) - Coluna 6 - Seção 0,5mm².

...17,5A – Circuito de iluminação seção 1,5mm².

Círculo 2

$$I_p = \frac{S}{v} \geq I_p = \frac{980}{127} \geq I_p = 7,7A$$

Tabela Página 322 (lc) - Coluna 6 - Seção 0,5mm².



C – Critério da queda de tensão

$\Delta V_{unit.} = V/Axkm$ = Tabela Página 335, Coluna 5 - $e(\%) =$ Figura Página 333 ($\leq 4\%$)

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times \ell \times 100}{V_n} (\leq 4\%)$$

$$\Delta e(\%) = \frac{27,6 \times 6,9 \times 0,0035 \times 100}{127} \quad \Delta e(\%) = 0,52\%$$

$$\Delta e(\%) = \frac{27,6 \times 7,7 \times 0,0075 \times 100}{127} \quad \Delta e(\%) = 1,25\%$$

Escolha do condutor

Para ambos os circuitos de iluminação o critério que prevalece neste caso é o da seção mínima, ou seja: A seção para o neutro, fase e proteção (PE) é $1,5mm^2$.

D – Dimensionamento dos disjuntores

FCA = 0,8 – Tabela Página 328 – 2 circuitos no eletroduto. FCT = 1,0($30^\circ C$) Tabela Página 327.

In = Tabela Página 363.

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \quad I_z = 17,5 \times 0,8 \times 1,0$$

$$I_z = 14A$$

Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QD

(Sem ventilação) - $30^\circ C + 10^\circ C = 40^\circ C$ FCT = 0,87 (Tabela Página 327)

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} > I_{disjuntor} = \frac{6,9}{0,87} >$$

$$I_d = 7,9A$$

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} > I_{disjuntor} = \frac{7,7}{0,87} >$$

$$I_d = 8,9A$$

Valor do disjuntor comercial igual ou imediatamente superior – UNIC-Bolton curva C.

Disjuntor de 10A.

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$6,9A \leq 7,9A \leq 14A$$

$$6,9A \leq 10A \leq 14A$$

Valor do disjuntor comercial igual ou imediatamente superior – UNIC-Bolton curva C.

Disjuntor de 10A.

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$7,7A \leq 8,9A \leq 14A$$

$$7,7A \leq 10A \leq 14A$$

Para ambos os circuitos de iluminação adota-se:

Disjuntor termomagnético unipolar de 10A.

Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) $1,5mm^2$.

E – Dimensionamento do eletroduto

St = Tabela Página 419 – Valor imediatamente superior.

D = Tabela Página 419.

Círculo 1 – Condutores $1,5mm^2$ - Círculo 2 – Condutores $1,5mm^2$.

$$S_t = N_1 \times \frac{(\pi x D_1^2)}{4} + N_2 \times \frac{(\pi x D_2^2)}{4} > S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 2,8^2)}{4} + 3 \times \frac{(3,1415 \times 2,8^2)}{4}$$

$$S_t = (3 \times 6,16) + (3 \times 6,16) > S_t = 36,94mm^2.$$

Pela Tabela Página 419, Valor imediatamente superior a $36,96mm^2$, na tabela eletroduto de PVC rígido com rosca, coluna “área útil” em mm^2 , ≥ 3 cabos (40%), encontramos $80,4mm^2$. Assim: Página 419 diâmetro externo e referência de rosca....

Eletroduto de PCV de Øn 20mm ou $1\frac{1}{2}$ ".



1. Por ser a seção mínima para o circuito de iluminação não é necessária a sua especificação no projeto. Deve-se, no entanto, colocar na relação de notas, conforme página 457.



Por ser o diâmetro mínimo exigido pela Norma, não é necessária a indicação no projeto. Apenas citar na Nota: Eletrodutos não-especificados são de Øn 20mm ou $1\frac{1}{2}$ ".



Círcito 15: 100VA



Círcito 15 - S = 100VA
Tensão (v) = 127V

A - Critério da seção mínima (Tabela página 309)

Circuitos de pontos de tomada de uso geral – TUGs condutores seção mínima 1,5mm².

B - Critério da capacidade de condução de corrente

$$I_p = \frac{100}{127} \quad I_p = 0,79A$$

Tabela página 322 - (I_c = 10A) - Coluna 6 - Seção 0,75mm².

...17,5A – Círcito de TUGs seção mínima 1,5mm².

C - Critério da queda de tensão

Vunit. = V/Axkm = Tabela página 335, Coluna 5 -

e(%) = Figura página 333 ($\leq 4\%$)

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times l_p \times \ell \times 100}{V_n} (\leq 4\%) \quad \Delta e(\%) = \frac{27,6 \times 0,79 \times 0,004 \times 100}{127} \quad \Delta e(\%) = 0,07\%$$

D - Dimensionamento dos disjuntores

FCA = 1,0 ... Tabela página 328 – 1 círcito no eletroduto.

FCT = 1,0(30°C) Tabela página 327.

I_n = Tabela página 363 ou 364.

Disjuntor com ventilação

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \quad I_z = 17,5 \times 1,0 \times 1,0 \quad I_z = 17,5A$$

$I_p \leq I_n \leq I_z$	Disjuntor Unipolar de 10A.
$0,79A \leq I_n \leq 24A$	Condutores Neutro, Fase e
$0,79A \leq 10A \leq 24A$	Proteção (PE) 1,5mm ² .

Disjuntor sem ventilação

Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QDP

(Sem ventilação) - $30^\circ C + 10^\circ C = 40^\circ C \dots FCT = 0,87$ (Tabela página 329)

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \quad I_{disjuntor} = \frac{0,79}{0,87} \quad I_d = 0,9A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$0,79A \leq 0,9A \leq 17,5A$$

$$0,79A \leq 10A \leq 17,5A$$

E - Dimensionamento do eletroduto

Disjuntor Unipolar de 10A.

S_t = Tabela página 419 – Valor imediatamente superior.

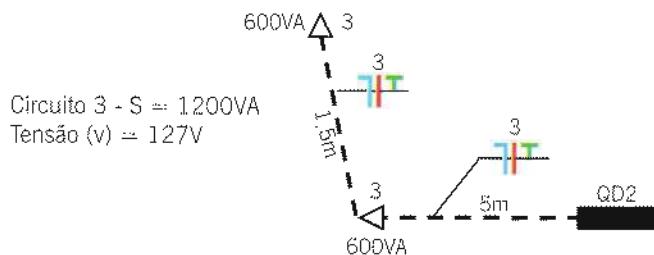
Condutores neutro, fase e proteção (PE) 1,5mm².

D = Tabela página 419.

$$S_t = N_3 \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} \quad S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 2,8^2)}{4} \quad S_t = 3 \times 6,16 \quad S_t = 18,48mm^2.$$

Pela tabela página 419, valor imediatamente superior a 18,48mm², na tabela eletroduto de PVC rígido com rosca, coluna "área útil" em mm², ≥ 3 cabos (40%), encontramos 80,4mm². Assim: página 419 diâmetro externo e referência de rosca eletroduto de PVC de Øn 20mm ou ½".

Círculo 3



A - Critério da seção mínima (Tabela página 309)

Circuitos de pontos de tomada de uso geral – TUGs condutores seção mínima 2,5mm².

B - Critério da capacidade de condução de corrente

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{1200}{127} \Rightarrow I_p = 9,4A$$

Tabela página 322 - ($I_c = 10A$) - Coluna 6 - Seção 0,75mm².

...24A - Circuito de TUGs seção mínima 2,5mm².

C - Critério da queda de tensão

Vunit. = V/Axkm = Tabela página 335, Coluna 5 -

$\Delta e(\%)$ = Figura página 333 ($\leq 4\%$)

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{\text{unit.}} \cdot x l_p \times 100}{V_p} (\leq 4\%)$$

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 9,4 \times 0,0065 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = 0,81\%$$

D - Dimensionamento dos disjuntores

FCA = 0,8 - Tabela página 328 – 2 circuito no eletroduto.

FCT = 1,0(30°C) Tabela página 327.

In = Tabela página 363 ou página 364.

Disjuntor com ventilação

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \quad I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \quad I_z = 24A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$9,4A \leq I_n \leq 24A$$

$$9,4A \leq I_n \leq 24A$$

Disjuntor Unipolar de 10A.

Condutores Neutro, Fase e

Proteção (PE) 2,5mm².

Disjuntor sem ventilação

Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QDP

(Sem ventilação) - $30^\circ\text{C} + 10^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C} \rightarrow FCT = 0,87$ (Tabela página 327)

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = \frac{0,79}{0,87} \Rightarrow I_d = 10,8A$$



$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 9,4A &\leq 10,8A \leq 24A \\ 9,4A &\leq 15A \leq 24A \end{aligned}$$

Disjuntor unipolar de 15A.
Condutores neutro, fase e proteção (PE) 2,5mm².

E - Dimensionamento do eletroduto

S_t = Tabela página 419 – Valor imediatamente superior.

D = Tabela página 419.

Círculo 3 – Condutores 2,5mm²

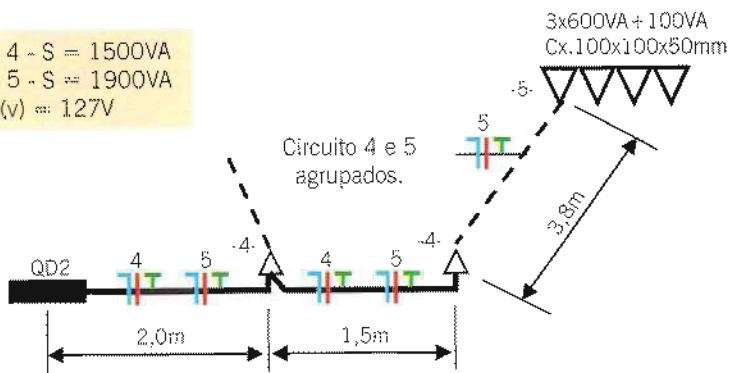
$$S_t = N_3 \times \frac{(\pi \times D_3^2)}{4} \Rightarrow S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 2,8^2)}{4} \Rightarrow S_t = 3 \times 9,08$$

$S_t = 27,24\text{mm}^2$.

Pela tabela página 419, valor imediatamente superior a 27,24mm², na tabela eletroduto de PVC rígido com rosca, coluna “área útil” em mm², ≥ 3 cabos (40%), encontramos 80,4mm². Assim: página 419 diâmetro externo e referência de rosca....
Eletroduto de PCV de Øn 20mm ou ½”.

Circuitos 4 e 5

Círculo 4 - $S = 1500\text{VA}$
Círculo 5 - $S = 1900\text{VA}$
Tensão (v) = 127V



A – Critério da seção mínima (Tabela página 309).

Circuitos de pontos de tomada.

Condutor seção mínima 2,5mm².

B – Critério da capacidade de condução de corrente

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{1500}{127} \Rightarrow I_p = 11,8A$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 1,0mm².

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{1900}{127} \Rightarrow I_p = 14,9A$$

Tabela 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 1,5mm².

...24A – Círculo de pontos de tomadas seção 2,5mm².

C – Critério da queda de tensão

$\Delta V_{\text{unil.}} = V/Axkm$ = Tabela página 335, Coluna 5 – $e(\%) = \text{Figura página 333} (\leq 4\%)$

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{\text{unil.}} \cdot I_p \cdot x \cdot l \cdot 100}{V_n} (\leq 4\%)$$

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 11,8 \times 0,002 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = 0,31\%$$

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 14,9 \times 0,0073 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = 1,45\%$$

D – Dimensionamento dos disjuntores

FCA = 1,0 (Um circuito no eletroduto); FCA = 0,8 (dois circuitos no eletroduto) – Tabela página 327 FCT = 1,0(30°C)

Tabela página 327 I_n = Tabela página 363 ou 365

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \quad I_z = 24 \times 0,8 \times 1,0$$

$$I_z = 19,2A$$

Disjuntor com ventilação

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 11,8A &\leq I_n \leq 19,2A \\ 11,8A &\leq 15A \leq 19,2A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 14,9A &\leq I_n \leq 19,2A \\ 14,9A &\leq 15A \leq 19,2A \end{aligned}$$

Disjuntor sem ventilação

Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QDP

(Sem ventilação) – $30^\circ C + 10^\circ C = 40^\circ C$ – FCT = 0,87 (Tabela página 327)

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = \frac{11,8}{0,87} \Rightarrow I_d = 13,6A$$

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = \frac{14,9}{0,87} \Rightarrow I_d = 17,1A$$

Valor do disjuntor comercial igual ou imediatamente superior – UNIC-Bolton curva C. Disjuntor de 15A.

Valor do disjuntor comercial igual ou imediatamente superior – UNIC-Bolton curva C. Disjuntor de 20A.

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 11,8A &\leq 13,6A \leq 19,2A \\ 11,8A &\leq 15A \leq 19,2A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 14,9A &\leq 17,1A \leq 19,2A \\ 14,9A &\leq 20A \leq 19,2A \end{aligned}$$

Escolha dos condutores e disjuntores

Para o circuito 4, a inequação é plenamente atendida. Portanto, adota-se:

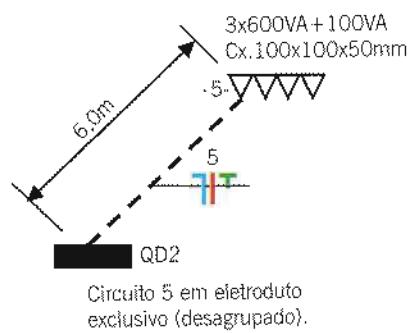
Disjuntor termomagnético unipolar de 15A.

Para o circuito 5, a inequação não satisfaz. Neste caso, encontramos duas soluções: Aumentar a seção dos condutores para 4,0mm² ou separar os circuitos.

→ Nota

No caso de circuitos separados que é uma opção mais econômica, efetuamos os cálculos do circuito 5 considerando o mesmo num eletroduto exclusivo.

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 24A$$



Disjuntor com ventilação
 $I_p \leq I_n \leq I_z$
 $14,9A \leq I_n \leq 24A$
 $14,9A \leq 15A \leq 24A$

Disjuntor sem ventilação
 $I_p \leq I_n \leq I_z$
 $14,9A \leq 17,1 \leq 24A$
 $14,9A \leq 20A \leq 24A$

Para o circuito 5, em eletroduto exclusivo, as inequações são plenamente atendidas. Portanto, adota-se:
 Disjuntor termomagnético unipolar: 20A

Para ambos os circuitos de pontos de tomadas adota-se:
 Seção dos condutores neutro, fase e proteção (PE) 2,5mm².

E – Dimensionamento do eletroduto

S_t = Tabela Página 419 – Valor imediatamente superior. D
 = Tabela página 419.

Círcuito 4 – Condutores 2,5mm²

$$S_t = N_4 \times \frac{(\pi \times D_4^2)}{4} \quad > \quad S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4}$$

$$S_t = 27,2\text{mm}^2$$

Círculo 5 – Condutores 2,5mm².

$$S_t = N_5 \times \frac{(\pi \times D_5^2)}{4} \quad > \quad S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4}$$

$$S_t = 27,2\text{mm}^2$$

Para ambos os circuitos e pela tabela página 419, valor imediatamente superior a 27,2mm², na tabela eletroduto de PVC rígido com rosca, coluna “área útil” em mm², ≥ 3 cabos (40%), encontramos 80,4mm². Assim: página 419 diâmetro externo e referência de rosca....

Eletroduto de PCV de Øn 20mm ou ½”.

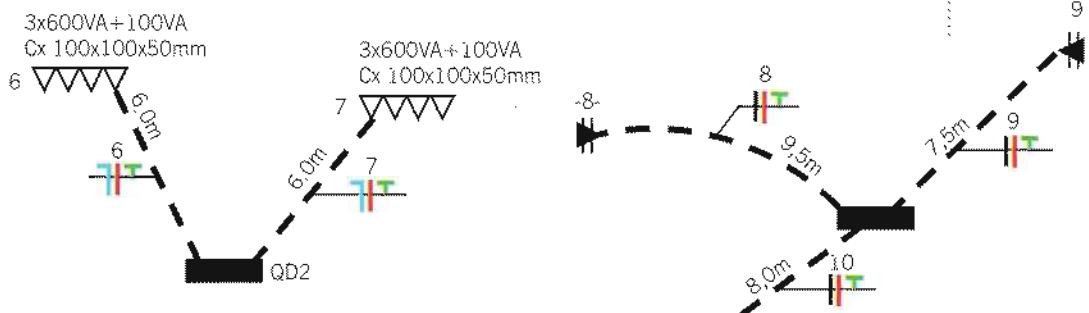
→ Observação

Observando o comparativo dos cálculos, se utilizarmos dois circuitos num mesmo eletroduto constatamos que devido aos fatores de correção de agrupamentos dos circuitos passa a ter condutores com seção de 4mm².

Neste caso, optando-se pela separação dos circuitos 4 e 5 em eletrodutos exclusivos, podemos utilizar condutores de seção 2,5mm², para ambos os circuitos.

Efetuando-se uma análise de custos é muito mais econômico separar os circuitos do que aumentar a seção dos condutores de um dos circuitos, além de proporcionar maior facilidade da instalação.

Circuitos 6, 7, 8, 9 e 10



Circuito 6 - $S = 1900\text{VA}$
 Circuito 7 - $S = 1900\text{VA}$
 Tensão (v) = 127V

Circuito 8 - $S = 1700\text{VA}$
 Circuito 9 - $S = 1700\text{VA}$
 Circuito 10 - $S = 1700\text{VA}$
 Tensão (V) = 220V

A – Critério da seção mínima (Tabela página 309).

Circuitos de pontos de tomada.
 Condutor seção mínima $2,5\text{mm}^2$.

B – Critério da capacidade de condução de corrente

Circuitos 6 e 7 - TUGs

$$I_p = \frac{S}{V} \geq I_p = \frac{1900}{127} \geq I_p = 14,9\text{A}$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção $1,5\text{mm}^2$.

...24A – Circuitos de pontos de tomadas seção $2,5\text{mm}^2$.

C – Critério da queda de tensão

$$\Delta V_{unit.} = V/Axkm = \text{Tabela página 335, Coluna 5} - \Delta e(\%) = \text{Figura página 333} (\leq 4\%)$$

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times \ell \times 100}{V_n} (\leq 4\%)$$

Condutores seção $2,5\text{mm}^2$.

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 14,9 \times 0,006 \times 100}{127} \\ \geq \Delta e(\%) = 1,19\%$$

Circuitos 8, 9 e 10 - TUEs

$$I_p = \frac{S}{V} \geq I_p = \frac{1700}{220} \geq I_p = 7,7\text{A}$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção $0,5\text{mm}^2$.

Condutores seção $2,5\text{mm}^2$.

Consideraremos o trecho de maior distância.

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 7,7 \times 0,0095 \times 100}{220}$$

$$\geq \Delta e(\%) = 0,56\%$$

D – Dimensionamento dos disjuntores

FCA = 1,0 (Um circuito no eletroduto) ... Tabela página 328 FCT = 1,0(30°C) Tabela página 327 I_h = Tabela página 363 ou 364.

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \geq I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \geq I_z = 24\text{A}$$

Disjuntor com ventilação

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$14,9A \leq I_n \leq 24A$$

$$14,9A \leq 15A \leq 24A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$7,7A \leq I_n \leq 24A$$

$$7,7A \leq 10A \leq 24A$$

Disjuntor sem ventilação

Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QDP

(Sem ventilação) - $30^\circ C + 10^\circ C = 40^\circ C \rightarrow FCT = 0,87$ (Tabela página 327)

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} > I_{\text{disjuntor}} = \frac{14,9}{0,87} > I_d = 17,1A$$

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} > I_{\text{disjuntor}} = \frac{7,7}{0,87} > I_d = 8,9A$$

Valor do disjuntor comercial igual ou imediatamente superior – UNIC-Bolton curva C.

Disjuntor unipolar de 20A.

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$14,9A \leq 17,1A \leq 24A$$

$$14,9A \leq 20A \leq 24A$$

Valor do disjuntor comercial igual ou imediatamente superior – UNIC-Bolton curva C.

Disjuntor bipolar de 10A.

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$7,7A \leq 8,9A \leq 24A$$

$$7,7A \leq 10A \leq 24A$$

Escolha dos condutores e disjuntores

Para os circuitos 6 e 7, a inequação é plenamente atendida, tanto para disjuntor com ventilação como para sem ventilação. Portanto, adota-se:

Disjuntor termomagnético unipolar de: 20A

Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) $2,5mm^2$.

Para os circuitos 8, 9 e 10 a inequação é plenamente atendida, tanto para disjuntor com ventilação como para sem ventilação. Portanto, adota-se:

Disjuntor termomagnético bipolar de 10A.

Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) $2,5mm^2$.

E – Dimensionamento do eletroduto

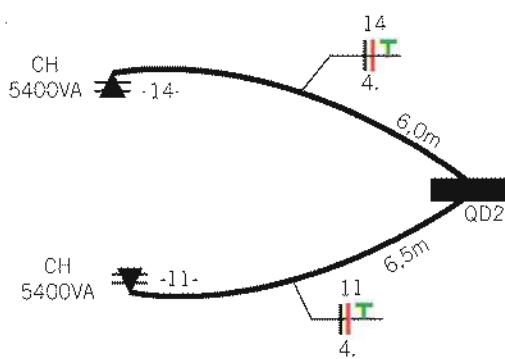
S_t = Tabela página 419 – Valor imediatamente superior. D = Tabela página 419.

Círculo 6, 7, 8, 9 e 10 – Condutores $2,5mm^2$

$$S_t = N_{6,7,8,9,10} \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} > S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} > S_t = 27,2mm^2$$

Pela Tabela página 419, valor imediatamente superior a $27,2mm^2$, na tabela eletroduto de PVC rígido com rosca, coluna "área útil" em mm^2 , ≥ 3 cabos (40%), encontramos $80,4mm^2$. Assim: Página 419 diâmetro externo e referência de rosca....

Eletroduto de PCV de Øn 20mm ou $\frac{1}{2}$ ". (Para cada um dos circuitos)

Circuitos 11 e 14

Círculo 11 – CH – S = 5400VA
Círculo 14 – CH – S = 5400VA
Tensão (V) = 220V

A – Critério da seção mínima (Tabela página 309).

Circuitos de pontos de tomada.

Condutor seção mínima 2,5mm².**B – Critério da capacidade de condução de corrente**

$$I_p = \frac{S}{v} \gg I_p = \frac{5400}{220} \gg I_p = 24,5A$$

Tabela página 322 - (Ic = 32A) - Coluna 6 - Seção 4mm².**C – Critério da queda de tensão**V_{unit.}=V/Axkm=Tabela página 335, Coluna 5 - e(%)=Figura pagina 333 ($\leq 4\%$)**Circuito 11**

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times \ell \times 100}{V_n} (\leq 4\%) \gg$$

$$\Delta e(\%) = \frac{10,6 \times 24,5 \times 0,0065 \times 100}{220} \gg \Delta e(\%) = 0,77\%$$

Circuito 14

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times \ell \times 100}{V_n} (\leq 4\%) \gg$$

$$\Delta e(\%) = \frac{10,6 \times 24,5 \times 0,006 \times 100}{220} \gg \Delta e(\%) = 0,71\%$$

32A ~ Condutores de seção 4mm²**D – Dimensionamento dos disjuntores**

FCA = 0,8 – Tabela página 328 – 2 circuito no eletroduto. FCT = 1,0(30°C) Tabela página 327

In = Tabela página 363 ou página 365

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \gg I_z = 32 \times 1,0 \times 1,0 \gg I_z = 32A$$

Disjuntor com ventilação

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$24,5A \leq I_n \leq 32A$$

$$24,5A \leq 25A \leq 32A$$

Disjuntor sem ventilação

Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QDP
(Sem ventilação) - 30°C + 10°C = 40°C → FCT = 0,87 (Tabela página 327)

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \gg I_{disjuntor} = \frac{24,5}{0,87} \gg I_d = 28,2A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$24,5A \leq 28,2A \leq 32A$$

$$24,5A \leq 30A \leq 32A$$

Escolha dos condutores e disjuntores.

Para os circuitos 11 e 14, as inequações são plenamente atendidas, tanto para disjuntor com ventilação como para sem ventilação. Portanto, adota-se:

Disjuntor termomagnético bipolar de: 30A.

Seção dos condutores fases e proteção (PE) 4mm².

E – Dimensionamento do eletroduto

St = Tabela página 419 – Valor imediatamente superior;

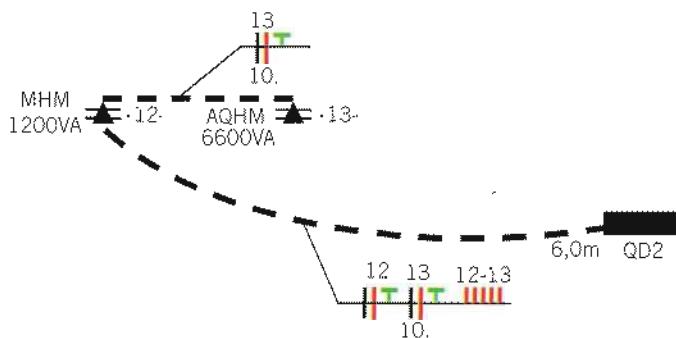
D = Tabela página 419.

Círculo 11 e 14 – Condutores 4mm²

$$S_t = N_{11-14} \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} \Rightarrow S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,9^2)}{4} \Rightarrow$$

$$S_t = 3 \times 11,95 \Rightarrow S_t = 35,85 \text{ mm}^2.$$

Pela tabela 419, valor imediatamente superior a 35,85mm², na tabela eletroduto de PVC rígido com rosca, coluna “área útil” em mm², ≥ 3 cabos (40%), encontramos 80,4mm². Assim: Página 419 diâmetro externo e referência de rosca.... eletroduto de PVC de Øn 20mm ou ½”. (Para ambos os circuitos)

Círcuito 12 e 13

Círculo 12 – MHM – S = 1200VA
 Círculo 13 – AQHM – S = 6600VA
 Tensão (V) = 220V

A – Critério da seção mínima (Tabela página 309).

Circuitos de pontos de tomada.

Condutor seção mínima 2,5mm².**B – Critério da capacidade de condução de corrente**

Circuitos 12 – TUE - MHM

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{1200}{220} \Rightarrow I_p = 5,45A$$

$$I_{ramal} = 1,25 \times 5,45 \Rightarrow I_{ramal} = 6,8A$$

Tabela 322 - (lc) - Coluna 6 - Seção 0,5mm²....24 A – Circuitos de força seção 2,5mm².**C – Critério da queda de tensão**

$$\Delta V_{unit} = V/Axkm = \text{Tabela página 335, Coluna 5} - e(\%) = \text{Figura página 333} (\leq 4\%)$$

Circuitos 13 – TUE - AQHM

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{6600}{220} \Rightarrow I_p = 30A$$

Tabela página 322 - (lc) - Coluna 6 - Seção 4mm²....32 A – Circuitos de força seção 4mm².

Condutores seção 2,5mm².

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 6,8 \times 0,006 \times 100}{220}$$

$$\Delta e(\%) = 0,31\%$$

Condutores seção 4mm².

$$\Delta e(\%) = \frac{10,6 \times 30 \times 0,006 \times 100}{220}$$

$$\Delta e(\%) = 0,87\%$$

D – Dimensionamento dos disjuntoresFCA = 1,0 (Um circuito no eletroduto) ... Tabela página 328 FCT = 1,0(30°C) Tabela página 327 I_n = Tabela página 363 ou 365

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \quad I_z = 24 \times 0,8 \times 1,0 \quad I_z = 19,2A$$

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \quad I_z = 32 \times 0,8 \times 1,0 \quad I_z = 25,6A$$

Disjuntor com ventilação

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 6,8A &\leq I_n \leq 19,2A \\ 6,8A &\leq 10A \leq 19,2A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 30A &\leq I_n \leq 25,6A \\ 30A &\leq 30A \leq 25,6A \end{aligned}$$

Disjuntor sem ventilação

Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QDP

(Sem ventilação) - 30°C + 10°C = 40°C – FCT = 0,87 (Tabela página 327)

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \geq I_{\text{disjuntor}} = \frac{6,8}{0,87} \geq I_d = 7,8A$$

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \geq I_{\text{disjuntor}} = \frac{30}{0,87} \geq I_d = 34,5A$$

Valor do disjuntor comercial igual ou imediatamente superior

... UNIC-Bolton curva C.

Disjuntor bipolar de 10A.

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 6,8A &\leq 7,8A \leq 24A \\ 6,8A &\leq 10A \leq 24A \end{aligned}$$

Valor do disjuntor comercial igual ou imediatamente supe-

rior – UNIC-Bolton curva C.

Disjuntor bipolar de 35A.

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 30A &\leq 34,5A \geq 25,6A \\ 30A &\leq 35A \leq 25,6A \end{aligned}$$

Escolha dos condutores e disjuntores

Para os circuitos 12, a inequação é plenamente atendida, tanto para disjuntor tropicalizado com para não-tropicalizado. Portanto, adota-se:

Disjuntor termomagnético bipolar de: 10A.

Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 2,5mm².Para os circuitos 13, a inequação para disjuntor não-tropicalizado não é plenamente atendida. Neste caso, deve-se aumentar a seção dos condutores para 10mm² e recalcular o circuito.

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \geq I_z = 57 \times 0,8 \times 1,0 \geq I_z = 45,6A$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 30A &\leq 34,5A \leq 45,6A \\ 30A &\leq 35A \leq 45,6A \end{aligned}$$

Disjuntor bipolar de 40A

Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 10mm².**E – Dimensionamento do eletroduto**S_t = Tabela página 419 Valor imediatamente superior. D = Tabela página 419.Círculo 12 – Condutores 2,5mm² e Círculo 13 – Condutores 6mm².

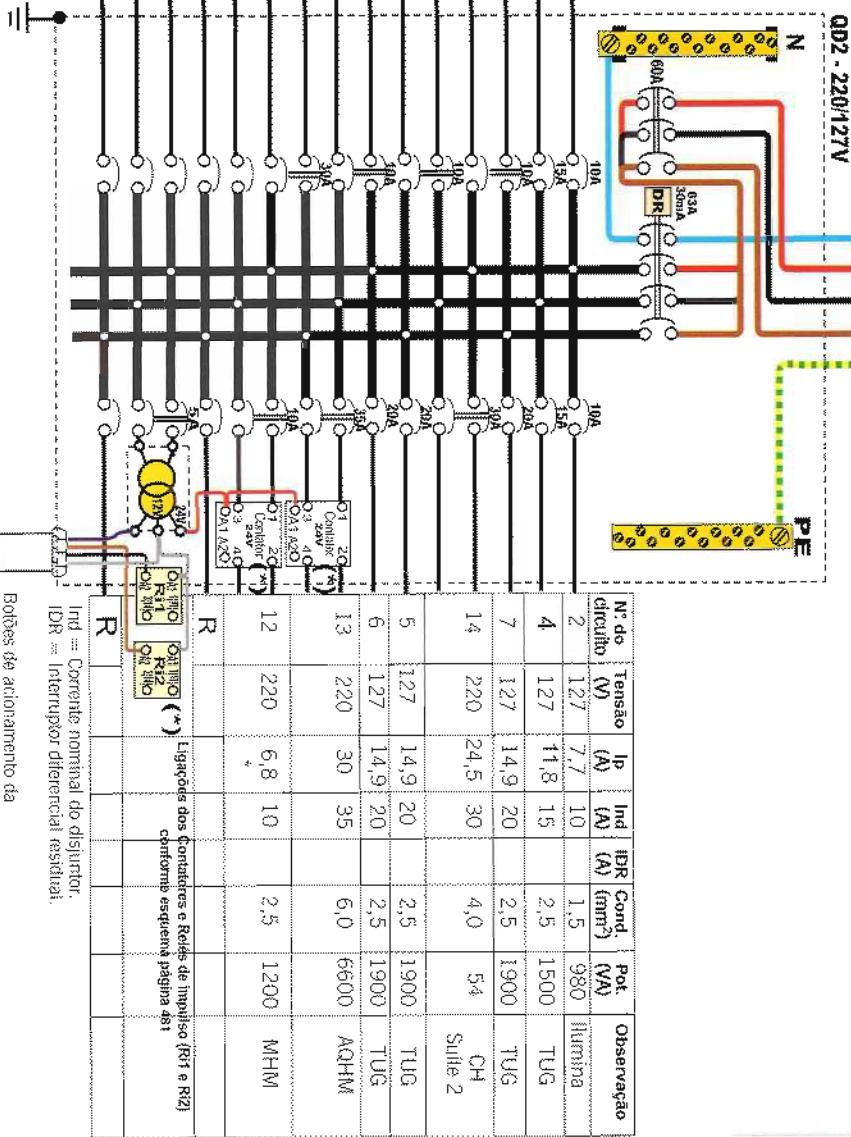
$$S_t = N_{1z} \times \frac{\pi D_{1z}^2}{4} \Rightarrow S_t = \left\{ 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} \right\} + \left\{ 3 \times \left(\frac{3,1415 \times 5,6^2}{4} \right) \right\} \Rightarrow S_t = 27,2 + 79,9 \Rightarrow S_t = 101,1 \text{mm}^2$$

Para ambos os circuitos e pela Tabela página 419, valor imediatamente superior a 101,1mm², na tabela eletroduto de PVC rígido com rosca, coluna "área útil" em mm², ≥ 3 cabos (40%), encontramos 138,6mm². Assim: Página 419 diâmetro externo e referência de rosca...

Eletroduto de PVC de Øn 25mm ou ¾". (Para os dois circuitos)

Esquema multifilar do QD2 - 220/127V

34100VPE10mm²-1KV PVC G 40mm GR 1/1A'



Observação	Pot. (VA)	Cond. (mm ²)	DR (A)	Ind (A)	IP (A)	Tensão (V)	Nº de círculo
Illuminação	880	1,5	10	6,9	127	1	
TUG	1200	2,5	15	9,4	127	3	
AC-SM	1700	2,5	10	7,7	220	8	
AC-Suite master	1700	2,5	10	7,7	220	9	
AC-Suite 2	1700	2,5	10	7,7	220	10	
CH-Suite master	5400	4,0	30	24,54	220	11	
					R		
					R		
					R		
					R		

Nº do circuito	Tensão (V)	Ip (A)	Ind (A)	Ind (A)	BR Cond (mm ²)	Pot (W)	Observação	
2	127	7,7	10	1,5	980	Júmina		
4	127	11,8	15	2,5	1500	TUG		
7	127	14,9	20	2,5	1900	TUG		
14	220	24,5	30	4,0	54	CH	Suite 2	
5	127	14,9	20	2,5	1900	TUG		
6	127	14,9	20	2,5	1900	TUG		
13	220	30	35	6,0	6600	AQHM		
12	220	6,8	10	2,5	1200	MHM		
R	R	R	R	R	R	R	R	
Corrente nominal do disjuntor:								
DR = Interrupção diferencial residual.								
CIRCUITO (*)		Ligações dos Contatores e Releus de impulso (R17 e R12)						
CIRCUITO (**)		cometendo esquema pagina 481						

IDR = Interruptor diferencial residual.

Mini Contactor Sistema N 4-600Vat/24Vat - Tipo 5TT5 740-2 Siemens
Transformador de Segurança - 230V/12Vat-24Vca - Tipo 4AC3 624 Siemens
Relé de impulso eletrotérmico 12Vca - Tipo 13.01.012 Finder

Ver páginas 476 item B

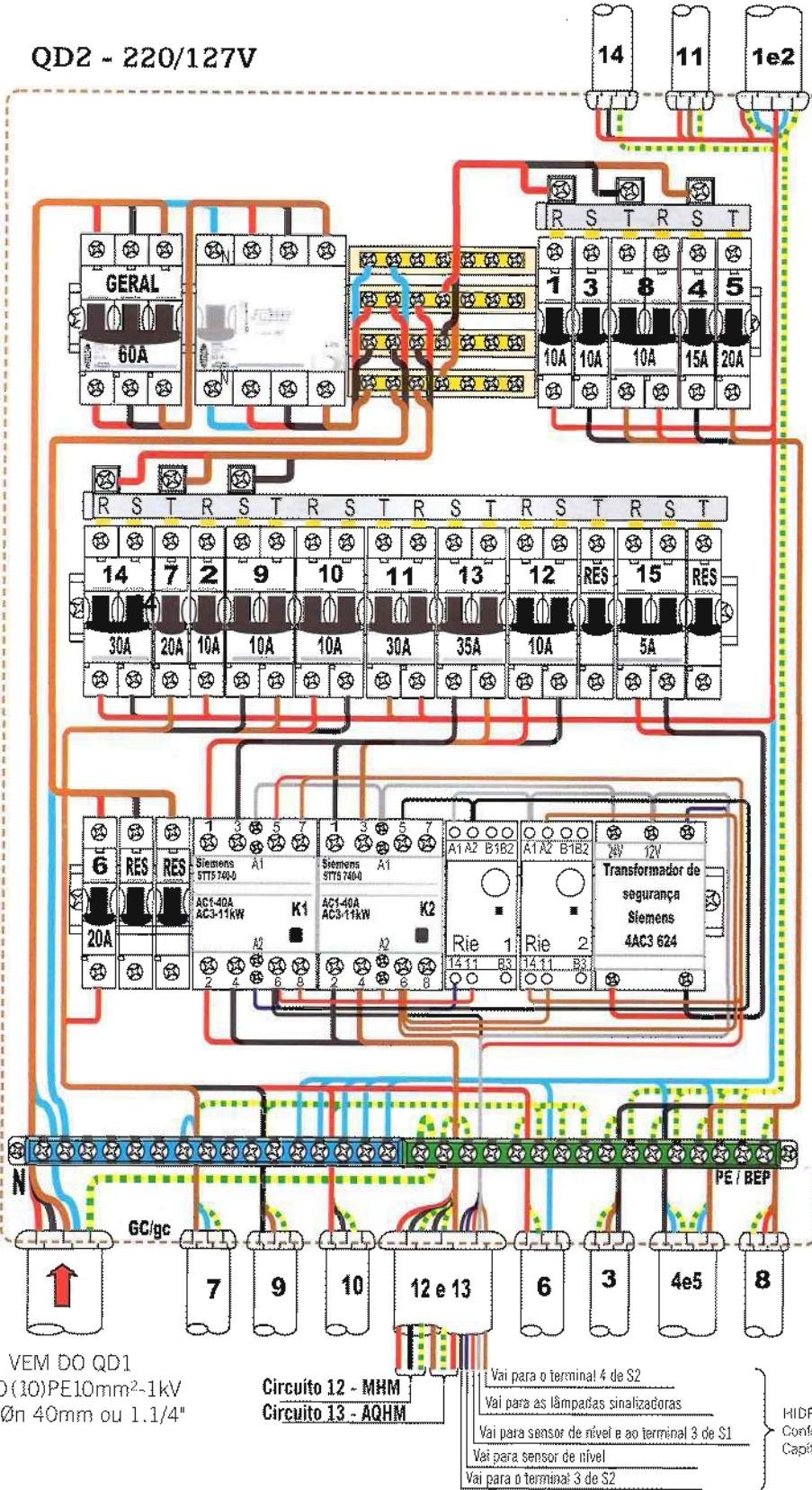
Arquivo do autor



As ligações das saídas dos disjuntores dos respectivos circuitos e a forma de acomodação dos condutores, aqui representados são apenas exemplos. Podem, eventualmente, sofrer alterações de tal forma que possa melhorar a sua disposição. Recomenda-se: 1. A colocação de canaletas com tampa para acomodar os condutores; 2. Colocar o número do circuito na saída dos disjuntores e nas saídas de cada eletroduto, como prevenção para possíveis manutenções. 3. Caso o quadro seja metálico, deverá ser aterrada a tampa e o espelho.

QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO - QD2

QD2 - 220/127V

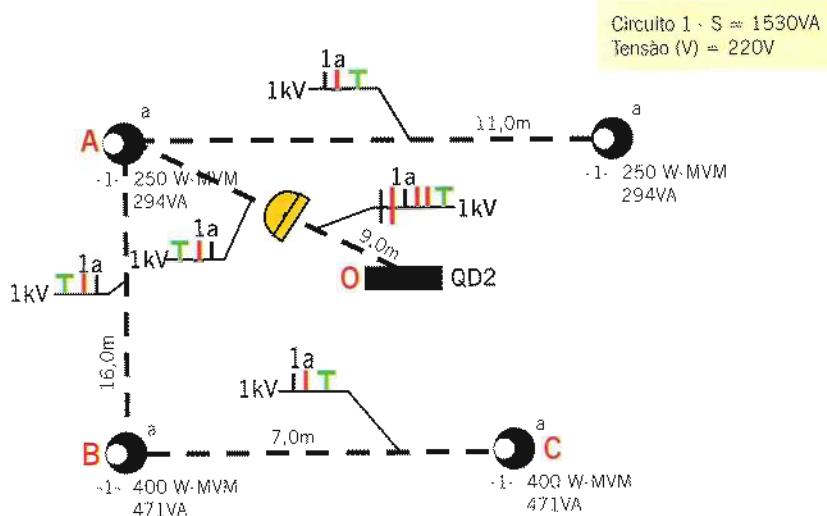


instalações
elétricas prediais



Dimensionamento dos circuitos - Pavimento terreo (inferior)- QD1

Circuito 1



a) Critério da seção mínima

Tabela 309 – Circuitos de pontos de iluminação – Condutor seção 1,5mm².

b) Critério da capacidade de condução de corrente

$$I_p = \frac{S_n}{V} \Rightarrow I_p = \frac{1530}{220} \Rightarrow I_p = 6,95\text{A}$$

De acordo com, página 315 - 61A, e tabela página 323 - (lc) - Coluna 12 ($D = 2cc$) – encontramos o valor 14A (valor imediatamente superior a 6,95A) e obtemos a Seção 0,5mm².

26A – Seção mínima para circuito de iluminação 1,5mm².

c) Queda de tensão trecho a trecho

Trecho: 0 – A

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unid.} \times I_p \times \ell \times 100}{V_n} \Rightarrow \Delta e(\%) = \frac{27,6 \times 6,95 \times 0,009 \times 100}{220} \Rightarrow e(\%) = 0,78\%$$

Trecho: A – B

$$I_p = \frac{1236}{220} \Rightarrow I_p = 5,62\text{A} \Rightarrow \Delta e(\%) = \frac{27,6 \times 5,62 \times 0,016 \times 100}{220} \Rightarrow e(\%) = 1,13\%$$

Trecho: B – C

$$I_p = \frac{942}{220} \Rightarrow I_p = 4,28\text{A} \Rightarrow \Delta e(\%) = \frac{27,6 \times 4,28 \times 0,007 \times 100}{220} \Rightarrow e(\%) = 0,38\%$$

Tabela página 335 - Para seção 1,5mm² - Coluna 5

Trecho	P (W)	S(VA)	FP (cos φ)	I _p (A)	I (km)	Seção do condutor (mm ²)	ΔV _{unit.} (V/A.km)	Δe(trecho) (%)	Δe(acum.) (%)
O - A	1300	1530	0,85	6,95	0,009	1,5	27,6	0,78	0,78
A - B	1050	1236	0,85	5,62	0,016	1,5	27,6	1,13	1,91
B - C	800	942	0,85	4,28	0,007	1,5	27,6	0,38	2,29<4%

d) Dimensionamento dos disjuntores

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \gg I_z = 26 \times 1,0 \times 1,0 \gg I_z = 26A$$

Disjuntor com ventilação

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$6,95A \leq I_n \leq 26A$$

$$6,95A \leq 10A \leq 26A$$

Disjuntor sem ventilação

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \gg I_{\text{disjuntor}} = \frac{6,95}{0,87} \gg I_d = 7,99A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$6,95 \leq 7,99A \leq 26A$$

$$6,95A \leq 10A \leq 26A$$

Disjuntor termomagnético bipolar de 10A.

Seção dos Condutores Fases, Retorno e Proteção (PE) 1,5mm² - 1kV.

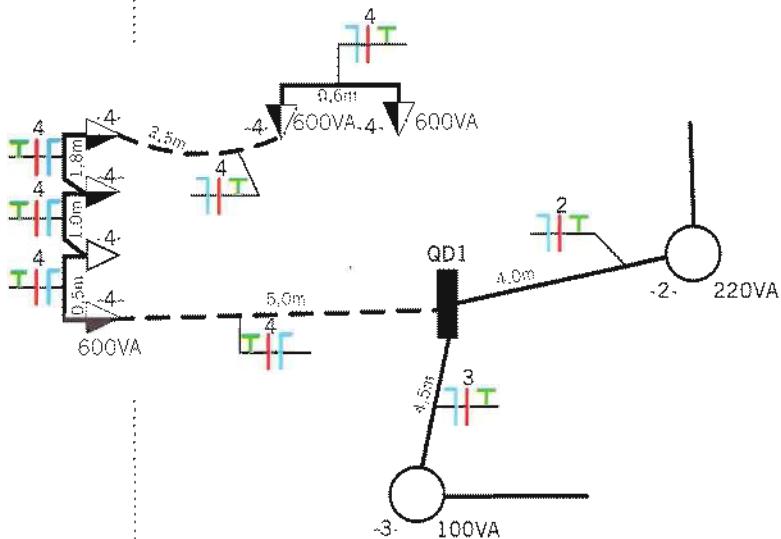
e) Dimensionamento do eletroduto

$S_t = \text{Tabela página 419 - Coluna 9 - Valor imediatamente superior. } D = \text{Tabela - Página 419;}$

$$S_t = N_1 \times \frac{(\pi \times D_1^2)}{4} \gg S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 5,17^2)}{4} \gg S_t = 62,98 \text{mm}^2$$

Eletroduto de PVC de Øn 20mm ou ½".



Círculo 2, 3 e 4

Círculo 2 - S = 1060VA
 Círculo 3 - S ≈ 1060VA
 Círculo 4 - S = 2100VA
 Tensão (V) = 127V

A – Critério da seção mínima (página 309).

Circuitos 2 e 3

Circuitos de iluminação.

Condutor seção mínima 1,5mm².

B – Critério da capacidade de condução de corrente

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{1060}{227} \Rightarrow I_p = 8,35A$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 0,5mm².

17,5 A – Circuitos de iluminação seção 1,5mm².

C – Critério da queda de tensão

$\Delta V_{unit.} = V/Axkm$ = Tabela página 335, Coluna 5 - $\epsilon(\%)$ = Figura página 333 ($\leq 4\%$)

$$\Delta \epsilon(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \cdot I_p \cdot \ell \times 100}{V_n} (\leq 4\%)$$

Condutores seção 1,5mm².

$$\Delta \epsilon(\%) = \frac{27,6 \times 8,35 \times 0,0045 \times 100}{127} \Rightarrow$$

$$\Delta \epsilon(\%) = 0,82\%$$

Círculo 4

Circuitos de pontos de tomada.

Condutor seção mínima 2,5mm².

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{2100}{127} \Rightarrow I_p = 16,5A$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 1,5mm².

24A – Circuitos de força seção 2,5mm².

Condutores seção 2,5mm².

$$\Delta \epsilon(\%) = \frac{16,9 \times 16,5 \times 0,0124 \times 100}{127} \Rightarrow$$

$$\Delta \epsilon(\%) = 2,72\%$$

D – Dimensionamento dos disjuntores

FCA = 1,0 (Um circuito no eletrodoméstico) – Tabela página 328 FCT = 1,0(30°C) Tabela página 327.

I_n = Tabela página 363 ou 364.

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 17,5 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 17,5A \quad I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 24A$$

Disjuntor com ventilação

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 8,35A &\leq I_n \leq 17,5A \\ 8,35A &\leq 10A \leq 17,5A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 16,5A &\leq I_n \leq 24A \\ 16,5A &\leq 20A \leq 24A \end{aligned}$$

Disjuntor sem ventilação

Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QDP
(Sem ventilação) - $30^\circ C + 10^\circ C = 40^\circ C$ - FCT = 0,87 (Tabela página 327)

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \geq I_{\text{disjuntor}} = \frac{8,35}{0,87} \geq I_d = 9,6A$$

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \geq I_{\text{disjuntor}} = \frac{16,5}{0,87} \geq I_d = 19A$$

Valor do disjuntor comercial igual ou imediatamente superior – UNIC-Bolton curva C.
Disjuntor unipolar de 10A.

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 8,35A &\leq 9,6A \leq 17,5A \\ 8,35A &\leq 10A \leq 17,5A \end{aligned}$$

Valor do disjuntor comercial igual ou imediatamente superior – UNIC-Bolton curva C.
Disjuntor unipolar de 20A.

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 16,5A &\leq 19A \leq 24A \\ 16,5A &\leq 20A \leq 24A \end{aligned}$$

Escolha dos condutores e disjuntores

Para os circuitos 2 e 3, a inequação é plenamente atendida, tanto para disjuntor com ventilação como para sem ventilação. Portanto, adota-se:

Disjuntor termomagnético unipolar de: 10A.
Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE)
1,5mm².

Para os circuitos 4, a inequação é plenamente atendida, tanto para disjuntor com ventilação como para sem ventilação.

Portanto, adota-se:
Disjuntor termomagnético unipolar de: 20A.
Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE)
2,5mm².

E – Dimensionamento do eletroduto

S_t = Tabela Página 419 – Valor imediatamente superior. D = Tabela Página 419.

Círculo 2 e 3 – Condutores 1,5mm².

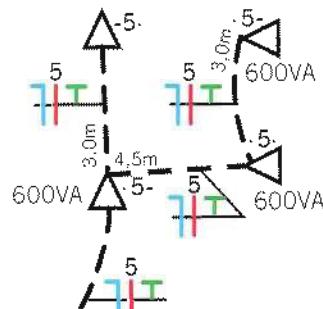
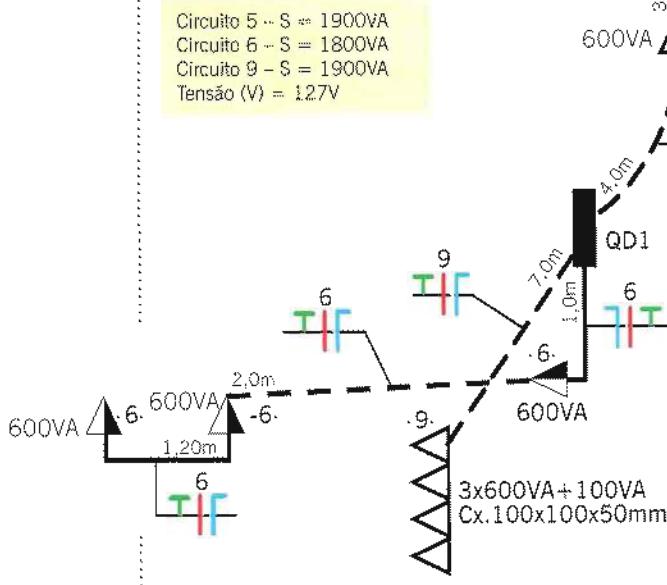
$$\begin{aligned} S_t &= N_{12} \times \frac{(\pi \times D_{12}^2)}{4} \geq S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 2,8^2)}{4} \geq \\ S_t &= 18,5 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Círculo 4 – Condutores 6mm²

$$\begin{aligned} S_t &= N_{13} \times \frac{(\pi \times D_{13}^2)}{4} \geq S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} \geq \\ S_t &= 27,2 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Para ambos os circuitos e pela Tabela página 419, valor imediatamente superior a 18,5mm² e 27,2mm², na tabela eletroduto de PVC rígido com rosca, coluna “área útil” em mm², ≥ 3 cabos (40%), encontramos 80,4mm². Assim: Página 419 diâmetro externo e referência de rosca...

Eletroduto de PVC de Øn 20mm ou ½". (Para cada um dos circuitos)

Círculo 5, 6 e 9

Maior distância a considerar:
Círculos 5 e 9 = 11,5m
Círculo 6 = 4,2m

A – Critério da seção mínima (Tabela página 309)

Circuitos 5 e 9

Circuitos de pontos de tomadas.
Condutor seção mínima $2,5\text{mm}^2$.

Círculo 6

Circuitos de pontos de tomadas.
Condutor seção mínima $2,5\text{mm}^2$.**B – Critério da capacidade de condução de corrente**

$$I_p = \frac{S}{V} \geq I_p = \frac{1900}{127} \geq I_p = 14,96A$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção $1,5\text{mm}^2$.
...24A – Circuitos de força seção $2,5\text{mm}^2$.

$$I_p = \frac{S}{V} \geq I_p = \frac{1800}{127} \geq I_p = 14,17A$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção $1,5\text{mm}^2$.
...24A – Circuitos de força seção $2,5\text{mm}^2$.**C – Critério da queda de tensão**Condutores seção $2,5\text{mm}^2$.

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 14,96 \times 0,0115 \times 100}{127} \geq$$

$$\Delta e(\%) = 2,29\%$$

Condutores seção $2,5\text{mm}^2$.

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 14,17 \times 0,0042 \times 100}{127} \geq$$

$$\Delta e(\%) = 0,79\%$$

D – Dimensionamento dos disjuntores

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \geq I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 24A$$

Disjuntor com ventilação

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 14,96A &\leq I_n \leq 24A \\ 14,96A &\leq 15A \leq 24A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 14,17A &\leq I_n \leq 24A \\ 14,17A &\leq 15A \leq 24A \end{aligned}$$

Disjuntor sem ventilação

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \geq I_{\text{disjuntor}} = \frac{14,96}{0,87} \geq I_d = 17,19A$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 16,96A &\leq 17,19A \leq 24A \\ 16,96A &\leq 20A \leq 24A \end{aligned}$$

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \geq I_{\text{disjuntor}} = \frac{14,17}{0,87} \geq I_d = 16,29A$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 14,17A &\leq 16,29A \leq 24A \\ 14,17A &\leq 20A \leq 24A \end{aligned}$$

Escolha dos condutores e disjuntores

Para os circuitos 5, 6 e 9 as inequações são plenamente atendidas. Portanto, adota-se:

Disjuntor termomagnético unipolar de: 20A

Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) $2,5mm^2$.

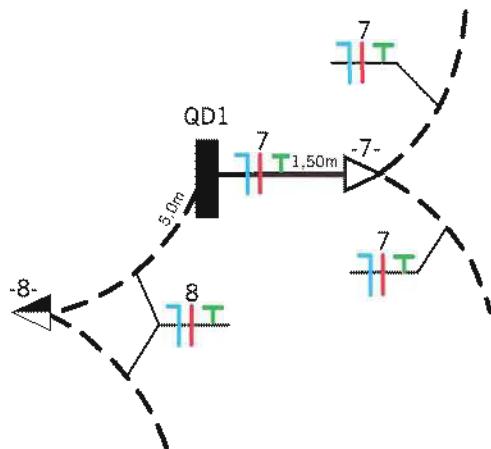
E – Dimensionamento do eletroduto

Circuito 5, 6 e 9 – Condutores $2,5mm^2$

$$S_t = N_{5,6e9} \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} \geq S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} \geq S_t = 27,24mm^2$$

Eletroduto de PVC de $\varnothing n$ 20mm ou $1/2"$. (Para cada um dos circuitos)

Circuito 7 e 8



Circuito 7 – $S = 1300VA$
 Circuito 8 – $S = 1400VA$
 Tensão (V) = 127V

A – Critério da seção mínima (Tabela 309).

Circuito 7

Circuitos de pontos de tomadas.
 Condutor seção mínima $2,5mm^2$.

Circuito 8

Circuitos de pontos de tomadas.
 Condutor seção mínima $2,5mm^2$.

B - Critério da capacidade de condução de corrente

$$I_p = \frac{S}{V} \geq I_p = \frac{1300}{127} \geq I_p = 10,24A$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção $0,75mm^2$.
...24A – Circuitos de força seção $2,5mm^2$.

$$I_p = \frac{S}{V} \geq I_p = \frac{1400}{127} \geq I_p = 11,02A$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção $1,0mm^2$.
...24A – Circuitos de força seção $2,5mm^2$.



C – Critério da queda de tensãoCondutores seção 2,5mm².

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 10,24 \times 0,0015 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = 0,2\%$$

Condutores seção 2,5mm².

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 11,02 \times 0,005 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = 0,73\%$$

D – Dimensionamento dos disjuntores

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 24A$$

Disjuntor com ventilação

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 10,24A &\leq I_n \leq 24A \\ 10,24A &\leq 15A \leq 24A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 11,02A &\leq I_n \leq 24A \\ 11,02A &\leq 15A \leq 24A \end{aligned}$$

Disjuntor sem ventilação

$$I_{disjunto} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{disjunto} = \frac{10,24}{0,87} \Rightarrow I_d = 11,77A \quad I_{disjunto} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{disjunto} = \frac{11,02}{0,87} \Rightarrow I_d = 12,67A$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 10,24A &\leq 11,77A \leq 24A \\ 10,24A &\leq 15A \leq 24A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 11,02A &\leq 12,67A \leq 24A \\ 11,02A &\leq 15A \leq 24A \end{aligned}$$

Escolha dos condutores e disjuntores

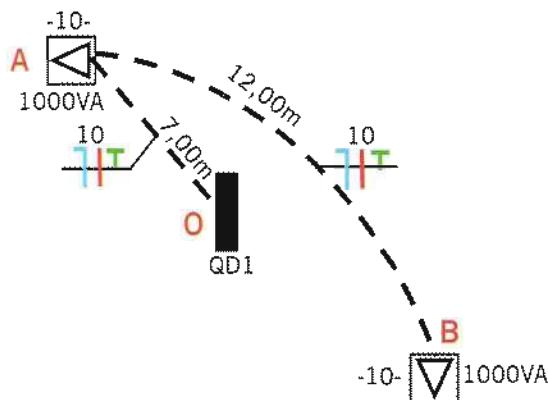
Para os circuitos 7 e 8 as inequações são plenamente atendidas. Portanto, adota-se:

Disjuntor termomagnético unipolar de: 15A.

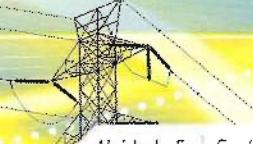
Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 2,5mm².**E – Dimensionamento do eletroduto**Circuitos 7 e 8 – Condutores 2,5mm²

$$S_t = N_{5,6e9} \times \frac{\pi \times D^2}{4} \Rightarrow S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} \Rightarrow S_t = 27,24mm^2$$

Eletroduto de PVC de Øn 20mm ou ½". (Para cada um dos circuitos)

Circuito 10

Circuito 10 – S ≈ 2000VA
Tensão (V) = 127V



A – Critério da seção mínima

Tabela página 309 – Circuitos de pontos de tomada – Condutor seção 2,5mm².

B – Critério da capacidade de condução de corrente

$$I_p = \frac{S_n}{v} \rightarrow I_p = \frac{2000}{127} \rightarrow I_p = 15,75A$$

24A – Seção mínima para circuito de pontos de tomadas 2,5mm².

C) Queda de tensão trecho a trecho

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times \ell \times 100}{v_n}$$

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 15,75 \times 0,019 \times 100}{127} \rightarrow \Delta e(\%) = 3,98\%$$

Trecho: 0 – A

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 15,75 \times 0,007 \times 100}{127} \rightarrow \Delta e(\%) = 1,47\%$$

Trecho: A – B

$$I_p = \frac{1000}{127} \rightarrow I_p = 7,87A \rightarrow$$

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 7,87 \times 0,012 \times 100}{127} \rightarrow \Delta e(\%) = 1,26\%$$

Tabela página 335 – Para seção 1,5mm² – coluna 5

Trecho	P (W)	I _p (A)	l (km)	Seção do condutor (mm ²)	ΔV _{unit.} (V/A.km)	Δe (trecho) (%)	Δe (acum.) (%)
0 - A	2000	15,75	0,007	2,5	16,9	1,47	1,47
A - B	1000	7,87	0,012	2,5	16,9	1,26	2,73 < 4%

D) Dimensionamento dos disjuntores

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \rightarrow I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \rightarrow I_z = 24A$$

Disjuntor com ventilação

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$15,75A \leq I_n \leq 24A$$

$$15,75A \leq 20A \leq 24A$$



Disjuntor sem ventilação

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \gg I_{\text{disjuntor}} = \frac{15,75}{0,87} \gg I_d = 18,10A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$15,75A \leq 18,10A \leq 24A$$

$$15,75A \leq 20A \leq 24A$$

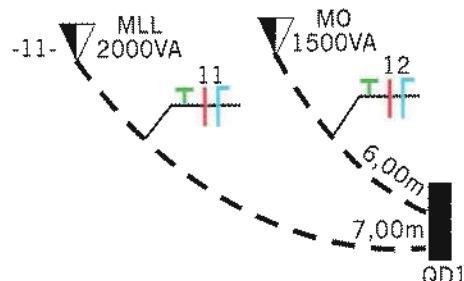
Disjuntor termomagnético bipolar de 20A.

Seção dos condutores neutro, fase e proteção (PE) 2,5mm².

E) Dimensionamento do eletroduto

$$S_t = N_{10} \times \frac{(\pi \times D_{10}^2)}{4} \gg S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} \gg S_t = 27,24\text{mm}^2$$

Eletroduto de PVC de Øn 20mm ou ½".

Circuito 11 e 12

Circuito 11 – S = 2000VA
Circuito 12 – S = 1500VA
Tensão (V) = 127V

A – Critério da seção mínima (tabela página 309)**Circuito 11**

Circuitos de pontos de tomadas.

Condutor seção mínima 2,5mm².

Circuito 12

Circuitos de pontos de tomadas.

Condutor seção mínima 2,5mm².

B – Critério da capacidade de condução de corrente

$$I_p = \frac{S}{V} \gg I_p = \frac{2000}{127} \gg I_p = 15,75A$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 1,5mm².
...24A – Circuitos de força seção 2,5 mm².

$$I_p = \frac{S}{V} \gg I_p = \frac{1500}{127} \gg I_p = 11,81A$$

Tabela página 322- (I_c) - Coluna 6 - Seção 1,0mm².
...24A – Circuitos de força seção 2,5mm².

C – Critério da queda de tensão

Condutores seção 2,5mm².

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 15,75 \times 0,007 \times 100}{127} \gg \Delta e(\%) = 1,47\%$$

Condutores seção 2,5mm².

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 11,81 \times 0,006 \times 100}{127} \gg \Delta e(\%) = 0,94\%$$

D – Dimensionamento dos disjuntores

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \geq I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \geq I_z = 24A$$

Disjuntor com ventilação

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 15,75A &\leq I_n \leq 24A \\ 15,75A &\leq 20A \leq 24A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 11,81A &\leq I_n \leq 24A \\ 11,81A &\leq 15A \leq 24A \end{aligned}$$

Disjuntor sem ventilação

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \geq I_{\text{disjuntor}} = \frac{15,75}{0,87} \geq I_d = 18,10A$$

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \geq I_{\text{disjuntor}} = \frac{11,81}{0,87} \geq I_d = 13,57A$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 15,75A &\leq 18,10A \leq 24A \\ 15,75A &\leq 20A \leq 24A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 11,81A &\leq 13,57A \leq 24A \\ 11,81A &\leq 15A \leq 24A \end{aligned}$$

Escolha dos condutores e disjuntores

Para os circuitos 11 e 12, as inequações são plenamente atendidas. Portanto, adota-se:

Círculo 11 – Disjuntor unipolar de 20A.

Círculo 12 – Disjuntor unipolar de 15A.

Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 2,5mm².

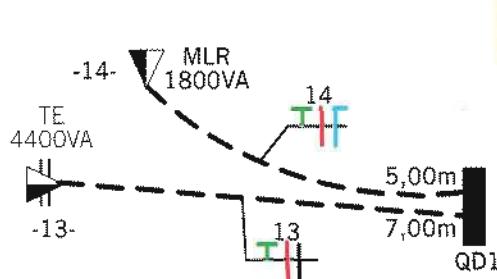
E – Dimensionamento do eletroduto

Circuitos 11 e 12 – Condutores 2,5mm²

$$S_t = N_{5,6e9} \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} \geq S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} \geq S_t = 27,24mm^2$$

Eletroduto de PVC de Øn 20mm ou ½". (Para cada um dos circuitos)

Círcuito 13 e 14



Círculo 13 .. S = 4400VA; V = 220V
Círculo 14 .. S = 1800VA; v = 127V



A – Critério da seção mínima (Tabela página 309)

Círculo 13

Circuitos de pontos de tomadas.

Condutor seção mínima 2,5mm².**B – Critério da capacidade de condução de corrente**

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{4400}{220} \Rightarrow I_p = 20A$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 2,5mm²....24A -- Circuitos de força seção 2,5mm².**C – Critério da queda de tensão**Condutores seção 2,5mm².

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 20 \times 0,007 \times 100}{220} \Rightarrow \Delta e(\%) = 1,08\%$$

D – Dimensionamento dos disjuntoresCondutores seção 2,5 mm². $I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 24 A$

Disjuntor com ventilação

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$20A \leq I_n \leq 24A$$

$$20A \leq 20A \leq 24A$$

Disjuntor sem ventilação

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{disjuntor} = \frac{20}{0,87} \Rightarrow I_d = 22,98A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$20A \leq 22,98A \leq 24A$$

$$20A \leq 25A \leq 24A$$

A inequação não satisfaz:

Recalcular para Condutores seção 4mm².

$$I_z = 32 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 32A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$20A \leq 22,98A \leq 32A$$

$$20A \leq 25A \leq 32A$$

Disjuntor bipolar de 25A

Seção dos Condutores Neutro, Fase e

Proteção (PE) 4mm².**E – Dimensionamento do Eletroduto**

$$S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,9^2)}{4} \Rightarrow S_t = 35,84mm^2$$

Círculo 14

Circuitos de pontos de tomadas.

Condutor seção mínima 2,5mm².

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{1800}{127} \Rightarrow I_p = 14,17A$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 1,5mm²....24A -- Circuitos de força seção 2,5mm².Condutores seção 2,5mm².

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 14,17 \times 0,005 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = 0,94\%$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$14,17A \leq I_n \leq 24A$$

$$14,17A \leq 15A \leq 24A$$

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{disjuntor} = \frac{14,17}{0,87} \Rightarrow I_d = 16,29A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$14,17A \leq 16,29A \leq 24A$$

$$14,17A \leq 20A \leq 24A$$

Disjuntor unipolar de 20A

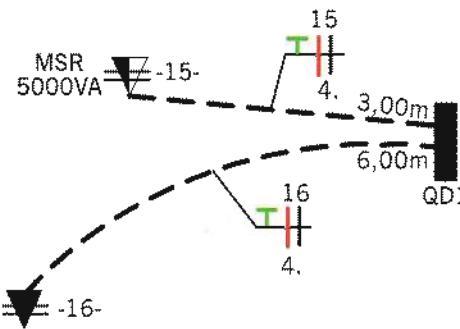
Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE)

2,5mm².

Eletroduto de PVC de Øn 20mm ou ½". (Para cada um dos circuitos)

Círculo 15 e 16

Círculo 15 ~ S = 5000VA
 Círculo 16 ~ S = 5400VA
 Tensão (V) = 220V

**A – Critério da seção mínima (Tabela página 309)****Círculo 15**

Circuitos de pontos de tomadas.

Condutor seção mínima 2,5mm².**B – Critério da capacidade de condução de corrente**

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{5000}{220} \Rightarrow I_p = 22,73A$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 2,5mm².
 ...24A — Circuitos de força seção 2,5mm².

C – Critério da queda de tensãoCondutores seção 2,5mm².

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 22,73 \times 0,003 \times 100}{220} \Rightarrow \\ \Delta e(\%) = 0,52\%$$

D – Dimensionamento dos disjuntores

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 24A$$

Disjuntor com ventilação

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$22,73A \leq I_n \leq 24A$$

$$22,73A \leq 25A \leq 24A$$

A inequação não satisfaz:

Recalcular para Condutores seção 4mm².

$$I_z = 32 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 32A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$22,73A \leq I_n \leq 32A /$$

$$22,73A \leq 25A \leq 32A$$

Disjuntor sem ventilação

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{disjuntor} = \frac{22,73}{0,87} \Rightarrow I_d = 26,13A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$22,73A \leq 26,13A \leq 32A$$

$$22,73A \leq 30A \leq 32A$$

Círculo 16

Circuitos de pontos de tomadas.

Condutor seção mínima 2,5mm².

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{5400}{220} \Rightarrow I_p = 24,55A$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 4mm².
 ...32A — Circuitos de força seção 4mm².

Condutores seção 4mm².

$$\Delta e(\%) = \frac{10,6 \times 24,55 \times 0,006 \times 100}{220} \Rightarrow \\ \Delta e(\%) = 0,71\%$$

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 32 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 32A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$24,55A \leq I_n \leq 32A$$

$$24,55A \leq 25A \leq 32A$$

$$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{disjuntor} = \frac{24,55}{0,87} \Rightarrow I_d = 28,22A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$24,55A \leq 28,22A \leq 32A$$

$$24,55A \leq 30A \leq 32A$$

Escolha dos condutores e disjuntores

Para os circuitos 15 e 16, adota-se:

Disjuntor bipolar de 30A.

Seção dos condutores fase e proteção (PE) 4mm².

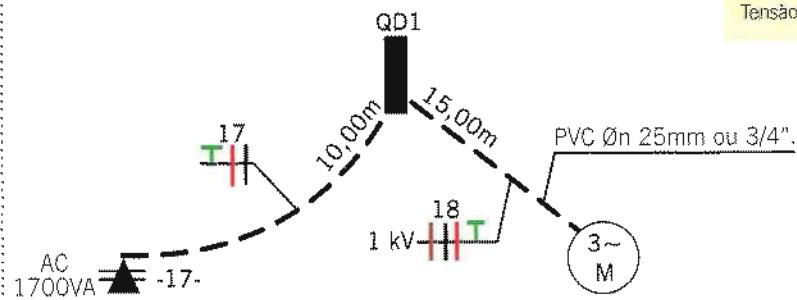
E – Dimensionamento do eletroduto

Circuitos 15 e 16 – Condutores 4mm²

$$S_t = N \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} \quad \Rightarrow \quad S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,9^2)}{4} \quad \Rightarrow \quad S_t = 35,84 \text{ mm}^2$$

Eletroduto de PVC de Ø_n 20mm ou ½". (Para cada um dos circuitos)

Circuito 17 e 18



A – Critério da seção mínima (página 309)

Círculo 17

Circuitos de pontos de tomadas.
Condutor seção mínima 2,5mm².

Círculo 18

Circuitos de pontos de tomadas.
Condutor seção mínima 2,5mm².

B – Critério da capacidade de condução de corrente

$$I_p = \frac{S}{V} \quad \Rightarrow \quad I_p = \frac{1700}{220} \quad \Rightarrow \quad I_p = 7,73 \text{ A}$$

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad \Rightarrow \quad I_p = \frac{2013}{1,73 \times 220} \quad \Rightarrow \quad I_p = 5,29 \text{ A}$$

$$I_{\text{alim.}} = 1,25 \times 5,29 \quad \Rightarrow \quad I_{\text{alim.}} = 6,61 \text{ A}$$

Tabela página 322 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 0,5mm².
...24A – Circuitos de força seção 2,5mm².

Tabela página 323 - (I_c) - Coluna 12 - Seção 0,5mm².
29A – Circuitos de força seção 2,5mm². (EPR)

C – Critério da queda de tensão

Condutores seção 2,5mm².

$$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 7,73 \times 0,010 \times 100}{220} \quad \Rightarrow \quad \Delta e(\%) = 0,59\%$$

Condutores seção 2,5mm² - 1kV - EPR

$$\Delta e(\%) = \frac{14,7 \times 6,61 \times 0,015 \times 100}{220} \quad \Rightarrow \quad \Delta e(\%) = 0,66\%$$

D – Dimensionamento dos disjuntoresCondutores seção 2,5mm².

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \geq I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \geq I_z = 24A$$

Disjuntor com ventilação

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 7,73A &\leq I_n \leq 24A \\ 7,73A &\leq 10A \leq 24A \end{aligned}$$

Disjuntor sem ventilação

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \geq I_{\text{disjuntor}} = \frac{7,73}{0,87} \geq I_d = 8,89A$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 7,73A &\leq 8,89A \leq 24A \\ 7,73A &\leq 10A \leq 24A \end{aligned}$$

Disjuntor bipolar de 10A.

Seção dos condutores fases e proteção (PE) 2,5mm².**E – Dimensionamento do eletroduto**

$$S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} \geq S_t = 27,24 \text{ mm}^2$$

Eletroduto de PVC de Ø_n 20mm ou 1/2".Condutores seção 2,5mm² - 1kV - EPR

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \geq I_z = 29 \times 1,0 \times 1,0 \geq I_z = 29A$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 6,61A &\leq I_n \leq 29A \\ 6,61A &\leq 10A \leq 29A \end{aligned}$$

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \geq I_{\text{disjuntor}} = \frac{6,61}{0,87} \geq I_d = 7,6A$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 6,61A &\leq 7,6A \leq 29A \\ 6,61A &\leq 10A \leq 29A \end{aligned}$$

Disjuntor tripolar de 10A.

Seção dos condutores fases e proteção (PE) 2,5mm².

$$S_t = 4 \times \frac{(3,1415 \times 5,62^2)}{4} \geq S_t = 99,2 \text{ mm}^2$$

Eletroduto de PVC de Ø_n 25mm ou 3/4".**Circuito 19 – Ramal alimentador do QD1 ao QD2**

A – Critério da capacidade de condução de corrente

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \rightarrow I_p = \frac{16028,4}{1,73 \times 220} \rightarrow I_p = 42,11A$$

Tabela página 322 coluna 7 - $I_c = 50A - 10mm^2 750V$

B) Critério da queda de tensão

$$\Delta e(\%) = \frac{3,67 \times 42,11 \times 0,003 \times 100}{220} \rightarrow \Delta e(\%) = 0,21\%$$

C) Dimensionamento dos disjuntores

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \rightarrow I_z = 50 \times 1,0 \times 1,0 \rightarrow I_z = 50A$$

Disjuntor com ventilação

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$42,18A \leq I_n \leq 50A$$

$$42,18A \leq 50A \leq 50A$$

Disjuntor sem ventilação

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = \frac{42,11}{0,87} \rightarrow I_d = 48,40A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$42,11A \leq 48,40A \leq 50A$$

$$42,11A \leq 50A \leq 50A$$

Disjuntor bipolar de 50A.

Seção dos condutores neutro, fases e proteção (PE) 10mm².

D) Dimensionamento do eletroduto

$$S_t = 5 \times \frac{(3,1415 \times 5,6^2)}{4} \rightarrow S_t = 123,15mm^2$$

Eletroduto de PVC de Øn 25 mm ou 3/4".

Dimensionamento da prumada e quadros de distribuição

Calcula-se a queda de tensão dos alimentadores para verificar se os demais dados são confirmados. Este cálculo tem início a partir da medição.

Na página 496 os DPS (Dispositivos de proteção contra surtos) serão instalados somente no QD1 (Primeiro quadro da entrada).

Quadro	Carga total		I_p (A)	Proteção (A)	Eletrot. mm pol.	Comp. Trecho (m)	Queda tensão (%)	Condutores (mm^2)			Isol. (V)	Observação	Arquivo do autor
	Instal. (W)	Deman (VA)						Fases	Neutro	PE			
Medição Padrão COPEL	73923	33453,8	88	100*	40 1.1/4	0,010	1	25	25	16	750	Deriva da concessionária Dimen. Pág. 284	
QD1	73923	33453,8	88	100*	40 1.1/4	0,015	0,74	35	25	16	1000	Deriva da medição. Dimen. pág. 284	
QD2	34060	16028,4	42,2	50	25 3/4"	0,003	0,21	10	10	10	750	Derivado do QD1	

* Na fórmula de Δe (%), a corrente de IP é considerado o valor máximo estabelecido pela concessionária, que seria 100A.

Pela concessionária de energia, a classificação do consumidor, conforme páginas 285, 464 e 465, o disjuntor geral é de 100A, e também Δe (%) Calcula-se pela corrente máxima do disjuntor, do padrão de entrada de energia.

$$\text{QD1} \rightarrow I_p = \frac{33453,8}{1,73 \times 220} \rightarrow I_p = 88\text{A}$$

$$\Delta e(\%) = \frac{1,09 \times 100 \times 0,015 \times 100}{220} \rightarrow \Delta e(\%) = 0,74\% < 1\%$$

Portanto: $I_c = 122\text{A}$ - 35mm² para as fases da página 323 e, Para condutor neutro e proteção, página 313.

Condutores tabelados pela concessionária:

35#35(25)PE16mm² - 1kV – Tabela página 285 e Coluna 13 – “D” da página 323.

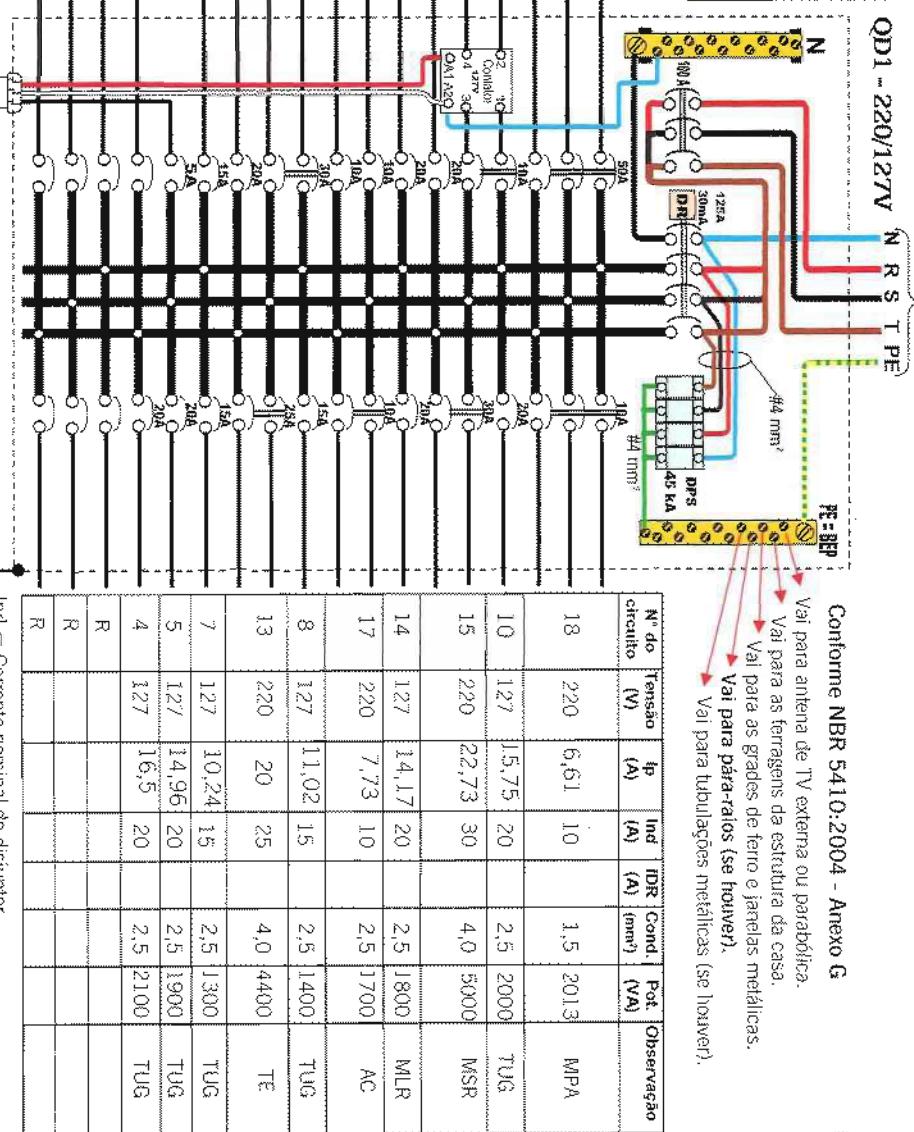
96+
Esquema multifilar do QDI - 220/127V

VEM DA CAIXA DE MEDAÇÃO
3#35(25)PE16mm² 1KV PVC Ø=10mm L=1 1/4"

Unidade 5 | Capítulo Unico

Alerta.
Na instalação do DR (dispositivo diferencial residual) optamos por questões econômicas e atendimento a norma, por um geral. Esta solução não é a melhor. Pois, ocorrendo uma falha (corrente de fálfia), toda a instalação ficará sem energia. O ideal será a instalação de um DR em cada uma das caligas, tomando-se os devidos cuidados com os circuitos de freezer e geladeira, bem como os equipamentos com plug de dois pinos.

IDR = Interruptor diferencial residual.



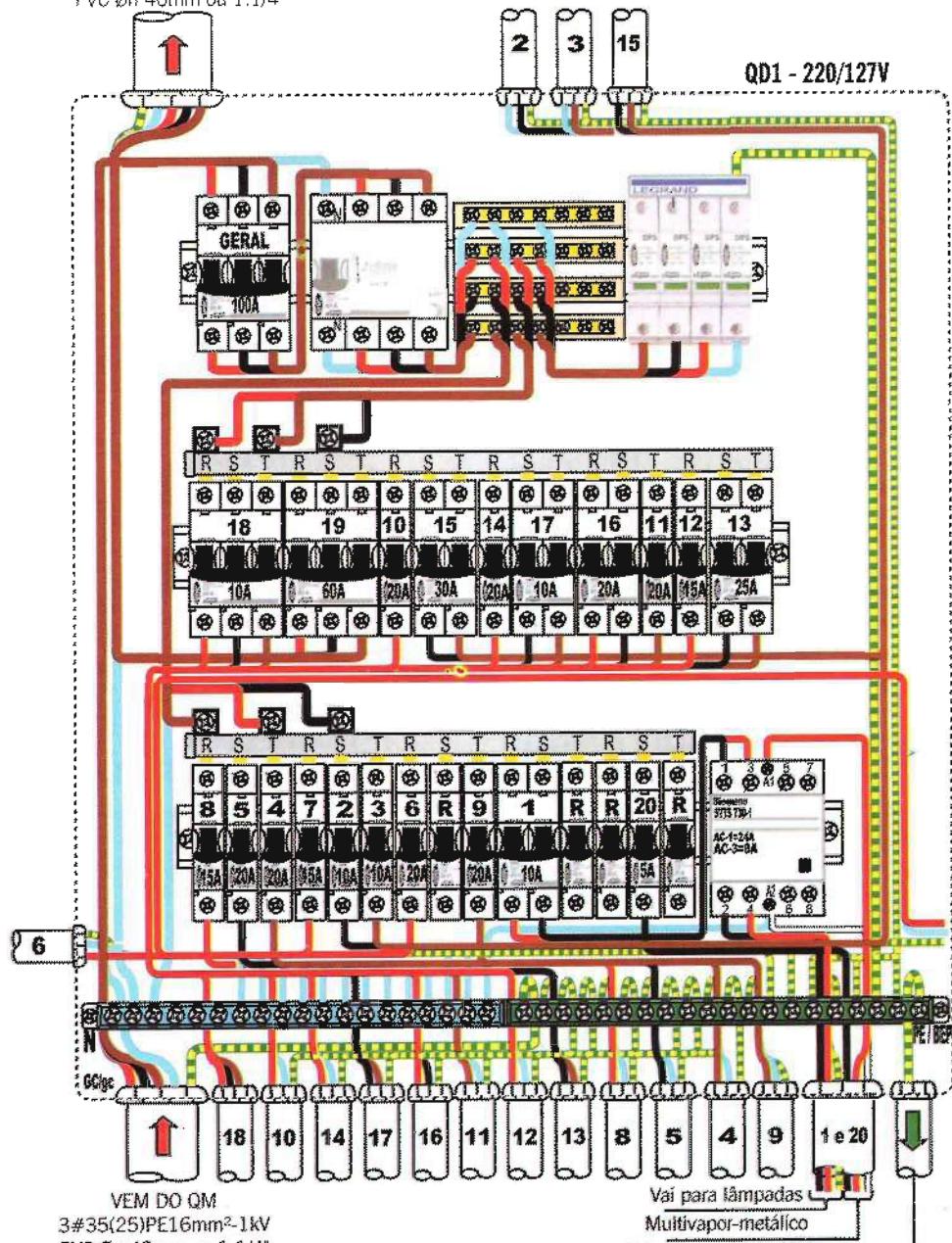
Arquivo do autor

Ind = Corrente nominal do disjuntor.

correspondiente al disjuntor.

QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO - QD1

VAI PARA QD2
3#16(16)PE16mm²-1KV
PVC Øn 40mm ou 1.1/4"



Argusivo ciò è utile



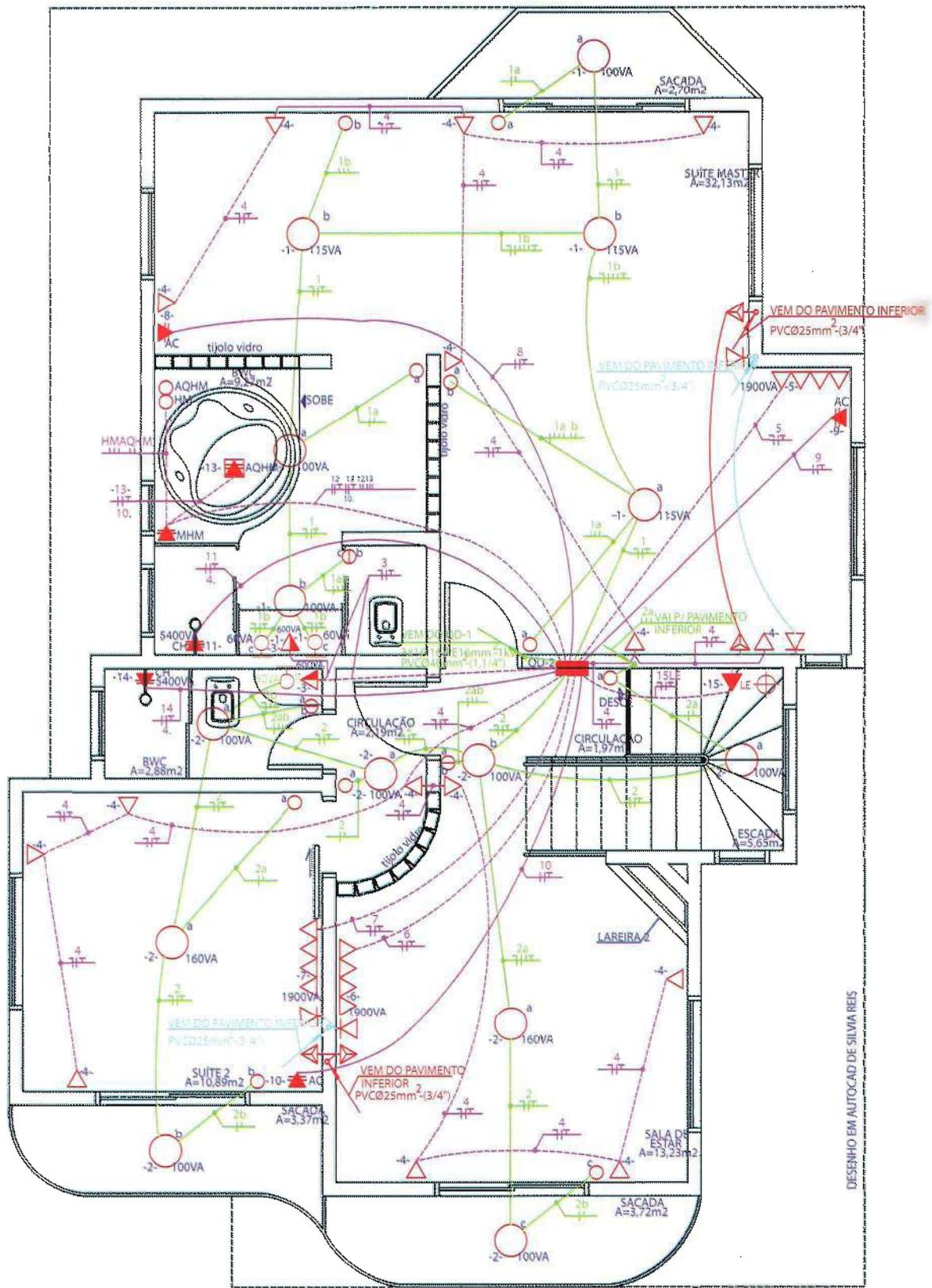
As ligações das saídas dos disjuntores dos respectivos circuitos e a forma de acomodação dos condutores, aqui representados são apenas exemplos. Podem, eventualmente, sofrer alterações de tal forma que possa melhorar a sua disposição. Recomenda-se: 1. A colocação de canaletas com tampa para acomodar os condutores; 2. Colocar o número do circuito na saída dos disjuntores e nas saídas de cada eletrodotu, como prevenção para possíveis manutenções. 3. Caso o quadro seja metálico, deverá ser aterrada a tampa e o espelho.

Instalações elétricas prediais

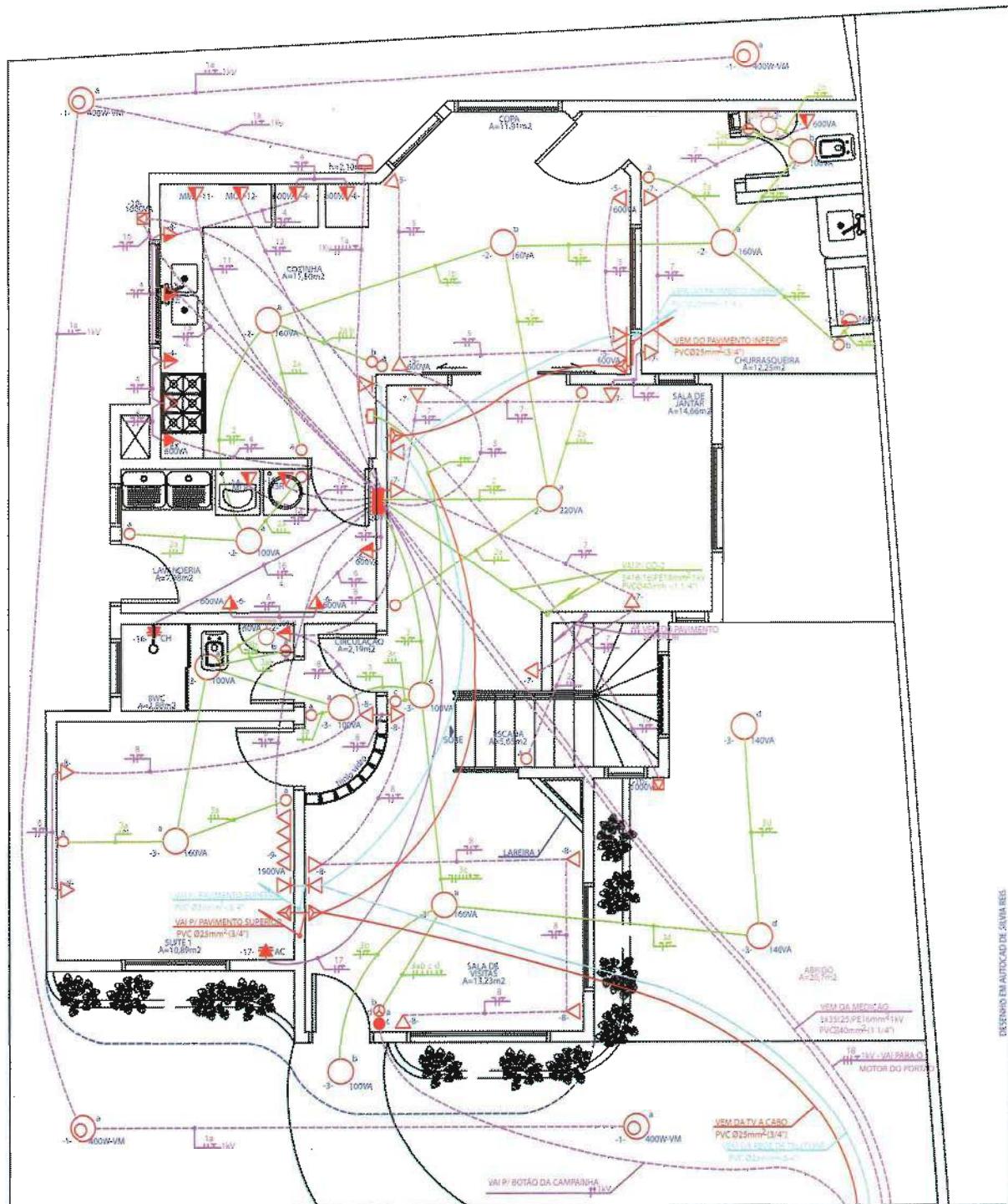
Vai para lâmpadas
Multivapor-metálico
Vai para Relé fotovoltaico

Antena de TV externa ou parabólica.
Ferragens da estrutura da casa.
Grades de ferro e janelas metálicas.
Pára-raios (se houver).
Tubulações metálicas (se houver).
(Conforme NBR 5410:2004 - Anexo G)

Projeto Elétrico - QD2



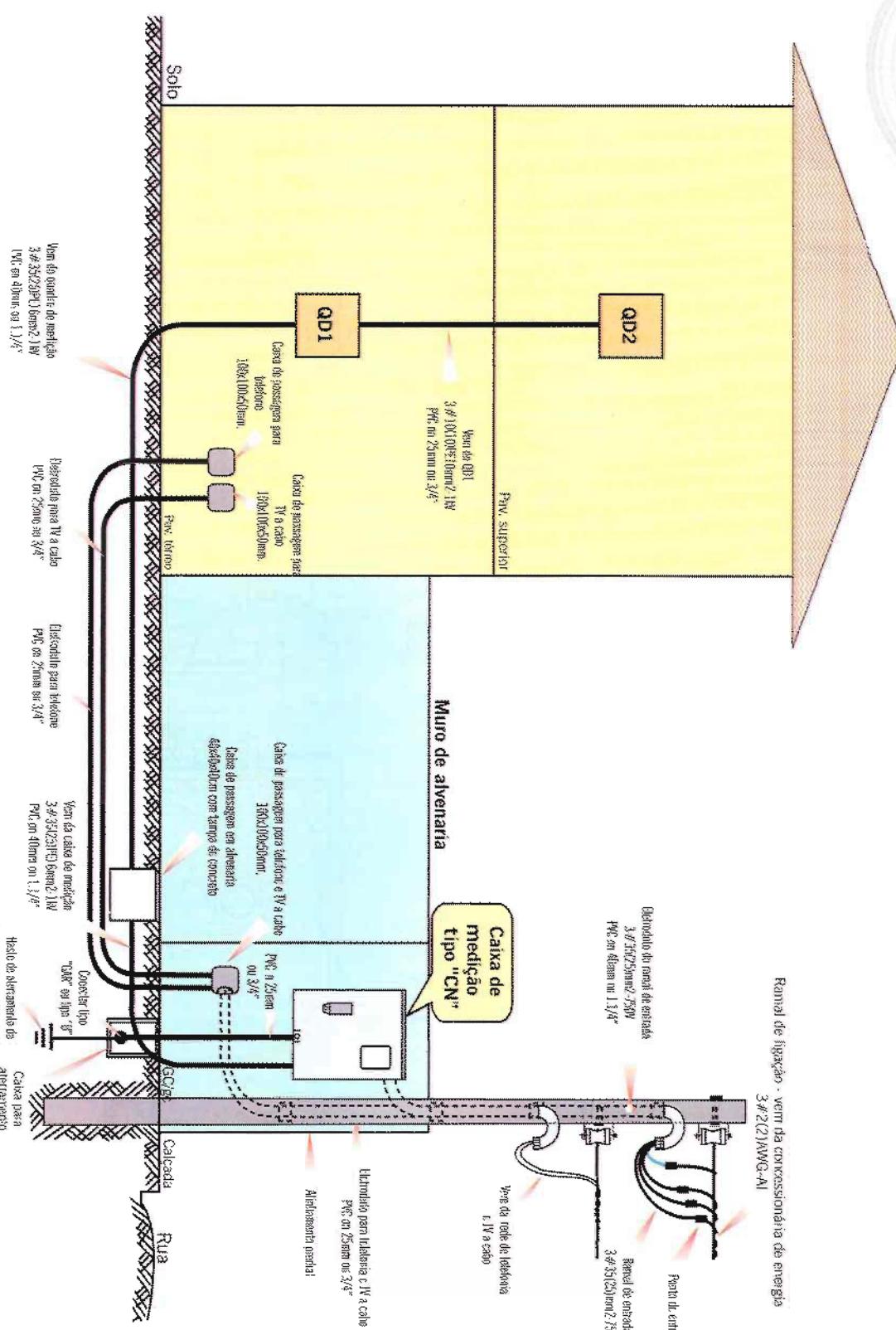
Projeto Elétrico - QD1



Planta baixa - pavimento térreo.

instalações
elétricas prediau

Prumada elétrica



aplicando conhecimento

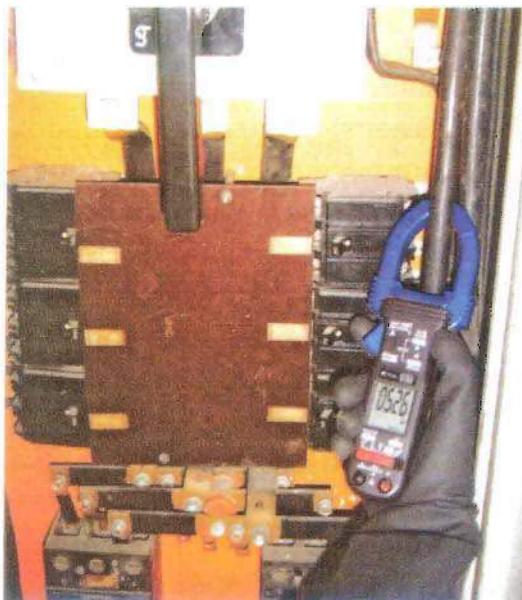


Documentação

A obra é iniciada por um projeto elétrico e a seguir a sua instalação. Cada etapa da instalação segue uma seqüência lógica, cada “peça” deve ser colocada no seu devido lugar, tais como eletródutos, caixas de passagem, condutores, quadros, conectores, equipamentos, dispositivos, etc. Cada componente deve atender a uma especificação apropriada visando à qualidade e funcionalidade da instalação.

Portanto, a instalação elétrica de qualquer tipo, “seja ela nova, ampliação ou reforma de instalação existente deve ser inspecionada, ensaiada, durante a sua execução e/ou quando concluída, antes de ser colocada em serviço pelo usuário”.

Todos os equipamentos e aparelhos, quer sejam elétricos, eletrônicos e veículos em geral, após saírem da linha de montagem, precisam ser devidamente testados em fábrica antes de serem liberados para o usuário e, inclusive, acompanhados com toda a documentação necessária, que são os manuais de instrução. As instalações elétricas devem, segundo a NBR 5410:2004, seguir o mesmo procedimento.



Fonte: Minipa

Ensaios requeridos pela norma são de fácil aplicação, utilizando-se aparelhos convencionais.



Instalações
elétricas prediais



A norma determina, também, as seguintes prescrições gerais sobre a "verificação final" da instalação, ou seja:

1. "Durante a realização da inspeção e dos ensaios devem ser tomadas precauções que garantam a segurança das pessoas e evitem danos à propriedade e aos equipamentos instalados".
2. "Em caso de ampliação ou reforma, deve ser verificado também se ela não compromete a segurança da instalação existente".
3. "As verificações devem ser realizadas por profissionais qualificados, com experiência e competência em inspeções. As verificações e seus resultados devem ser documentados em um relatório".

Inspeção visual

A inspeção visual é um procedimento que tem como finalidade verificar e confirmar se todos os componentes elétricos que constituem a instalação fixa permanente estão corretamente ligados. A inspeção visual deve preceder os ensaios e ser efetuada normalmente com a instalação desenergizada. Inicia-se com uma análise detalhada da documentação as built (conforme executado) da instalação.

Procedimentos

1. Se os componentes estão de acordo com as respectivas normas, como marca de conformidade, certificação ou informação declarada pelo fornecedor;
2. Dimensionados, selecionados e instalados de acordo com esta norma (NBR 5410:2004);
3. Não apresentam danos visíveis que possam comprometer seu funcionamento e a segurança;
4. Medidas de proteção contra choques elétricos;
5. Medidas de proteção contra efeitos térmicos;
6. Seleção e instalação das linhas elétricas;
7. Seleção, ajuste e localização dos dispositivos de proteção;
8. Presença dos dispositivos de seccionamento e comando, sua adequação e localização;
9. Adequação dos componentes e das medidas de proteção às condições de influências externas existentes;
10. Identificação dos componentes;



11. Presença das instruções, sinalizações e advertências requeridas;
12. Execução das conexões;
13. Acessibilidade.

Esses procedimentos devem, inicialmente, ser analisados em escritório

- a) Analisar todos os documentos do projeto as built, se esta documentação está completa (quanto à quantidade de documentos) e se a documentação fornecida é suficiente para a verificação final;
- b) Verificação dos dimensionamentos dos circuitos de distribuição e terminais, conforme projeto as built, de acordo com os critérios: seção mínima, capacidade de condução de corrente, da queda de tensão, coordenação entre condutores e dispositivos de proteção contra sobrecarga e curto-circuito e proteção supletiva (proteção contra contatos indiretos). A verificação pode ser feita através da memória de cálculo fornecida pelo projetista ou utilizando software adequado.

Verificação no local

- a) Quanto à funcionalidade e acessibilidade da instalação; conformidade dos componentes com os dados e indicações do projeto as built e com as influências externas e condições de acesso aos componentes com vistas à segurança e manutenção.
- b) Das medidas de proteção contra contatos diretos (total ou parcial) aplicáveis;
- c) Dos componentes do sistema de aterramento;
- d) Dos procedimentos de segurança em locais contendo banheira e/ou chuveiros, em piscinas e em saunas.

Ensaios da instalação

Após a realização da inspeção visual, a norma determina a realização dos ensaios da instalação, conforme a seqüência apresentada a seguir:

- a) Continuidade dos condutores de proteção e das equipotencialização principal e suplementares;



alerta

"No caso de não-conformidade, o ensaio deve ser repetido após a correção do problema, bem como todos os ensaios precedentes que possam ter sido influenciados".

"Os métodos de ensaios descritos são de referência. Outros métodos podem ser utilizados, desde que, comprovadamente, produzam resultados não menos confiáveis".

- b) Resistência de isolamento da instalação elétrica;
- c) Resistência de isolamento das partes da instalação objeto de SELV, PELV ou separação elétrica;
- d) Seccionamento automático da alimentação;
- e) Ensaio de tensão aplicada, realizados em montagem ou conjuntos executados ou modificados no local da instalação; e
- f) Ensaios de funcionamento, para montagens tais como quadros elétricos, acionamentos, controles, intertravamentos, comandos, etc.

Manutenção da instalação

A NBR 5410:2004, item 8, determina que toda instalação deve ser submetida à manutenção com periodicidade adequada, ou seja, a periodicidade deve ser tanto menor quanto maior a complexidade da instalação. Na manutenção deve ser observada:

Qualificação do pessoal

As verificações e intervenções nas instalações elétricas devem ser executadas somente por pessoas advertidas (BA4) ou qualificadas (BA5), conforme tabela abaixo:

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BA1	Comuns	Pessoas inadvertidas.	-
BA2	Crianças	Crianças em locais a elas destinados ^①	Creches, escolhas.
BA3	Incapacitadas	Pessoas que não dispõem de completa capacidade física ou intelectual (idosos, doentes).	Casas de repouso, unidades de saúde.
BA4	Advertidas	Pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas, de tal forma que lhes permite evitar os perigos de eletricidade (pessoas de manutenção e/ou operação).	Locais de serviço elétrico.
BA5	Qualificadas	Pessoas com conhecimento técnico ou experiência tal que lhes permite evitar os perigos da eletricidade (engenheiros e técnicos).	Locais de serviço elétrico fechados.

Fonte: NBR 5410:2004

^①Esta classificação não se aplica necessariamente a locais de habitação.

Competência das pessoas.



O reaperto das conexões deve ser feito no máximo 90 dias após a entrada em operação da instalação elétrica e repetido em intervalos regulares.

Verificação de rotina: manutenção preventiva

- Condutores: Ispencionar as condições da isolação e das conexões, fixação e suporte.
- Quadros de distribuição e painéis: Verificar a estrutura dos quadro e painéis, tais como fixação, integridade mecânica, pintura, corrosão, fechaduras e dobradiças, condutores e cordoalhas de aterramento. Verificar, também, os componentes com partes móveis, como contatores, disjuntores, relés, chaves seccionadoras, etc.
- Equipamentos móveis: As linhas flexíveis que alimentam equipamentos móveis devem ser verificadas conforme alínea a), bem como a sua adequada articulação.
- Ensaios: Devem ser efetuados os ensaios descritos em ensaios da instalação página 496.
- Ensaio geral: Ao término das verificações, deve ser efetuado um ensaio geral de funcionamento, simulando-se pelo menos as situações que poderiam resultar em maior perigo. Deve ser verificado se os níveis de tensão de operação estão adequados.
- Manutenção corretiva: Se as verificações indicadas (conforme verificação de rotina acima) forem consideradas inseguras, deve ser imediatamente desenergizada no todo ou na parte afetada. Somente deve ser recolocada em serviço após correção dos problemas detectados.

Troque idéias com seus colegas e professores sobre a importância de verificação final e a manutenção para o correto funcionamento da instalação elétrica.

A verificação final como a sua manutenção são fundamentais para o correto funcionamento da instalação elétrica. A obediência a esses procedimentos deve ser uma constante de todo o profissional da área elétrica, ou seja, zelar pela qualidade, segurança e integridade física dos usuários, da instalação e do empreendimento. O não-cumprimento das normas, o desleixo, pode trazer consequências desastrosas para o profissional.



oficina teórica

- 1.** Comente as prescrições gerais estabelecidas pelo NBR 5410 para a verificação final de uma instalação elétrica.

.....
.....
.....
.....
.....

- 2.** Releia a parte final deste capítulo para definir:

- a) Inspeção visual;

- b) Ensaios de instalação;

- c) Manutenção de instalação.

.....

- ### **3. Como se realiza uma manutenção preventiva?**

Comando de motores elétricos monofásicos e trifásicos

O motor elétrico é uma máquina que tem a função de transformar a energia elétrica em energia mecânica. É o mais utilizado dentre todos os tipos de motores existentes, pela simplicidade de construção, custo reduzido, permitindo uma combinação e adaptação aos mais variados tipos de carga. Com isso, obtém-se ótimos rendimentos, com as vantagens da utilização de energia elétrica, tais como limpeza, facilidade no transporte, baixo custo e comando simplificado.



Fonte: WEG

aplicando conhecimento

Tipos de motores elétricos

Os principais tipos de motores elétricos são motores de corrente contínua e motores de corrente alternada.

Os motores de corrente contínua apresentam como características custo elevado que necessita de uma fonte de (cc) ou de um dispositivo que converta a corrente alternada em corrente contínua (cc), velocidade ajustável, maior precisão e flexibilidade no controle e aplicação em casos especiais.

Os motores de corrente alternada são os mais utilizados porque a distribuição de energia elétrica é feita em corrente alternada.

→ Nota

Neste trabalho nos limitaremos a prestar informações básicas sobre ligações dos motores monofásicos e trifásicos de indução e algumas aplicações domésticas dos motores monofásicos universais.

Os principais tipos de motores de corrente alternada são o motor síncrono e o de indução.

O motor síncrono funciona com velocidade estável e apresenta sincronismo entre a velocidade do campo magnético rotativo e a velocidade do rotor.

Já o motor de indução (ou assíncrono) funciona normalmente com velocidade constante, a qual pode variar com a carga mecânica aplicada ao eixo. De construção simples, robustez e baixo custo é o mais utilizado de todos, sendo utilizado quase que em todas as máquinas encontradas na prática.

Principais componentes de um motor elétrico



Componentes do motor.

Um motor elétrico é constituído, basicamente, dos seguintes componentes: estator, carcaça, bobinas (ou enrolamentos), mancais (ou rolamentos), rotor, terminais de ligação e ventilador.

O motor monofásico de indução é constituído, além desses componentes, mais o interruptor centrífugo e o capacitor.

oficina teórica

1. Quais são os tipos de motores elétricos encontrados no comércio especializado?

2. Quais são os tipos de motores de corrente alternada?

3. Quais são as características de um motor de corrente contínua?

4. Quais são as características do motor síncrono e do motor de indução?

aplicando conhecimento



Motor de corrente alternada monofásico

Os motores de corrente alternada (ca) monofásicos são geralmente fabricados para pequenas potências, que pode chegar até 10 cv. A aplicação é vasta e por isso existe uma grande variedade de tipos de motores monofásicos, tais como: motor de indução monofásico (motor de anéis nos pólos, motor de fase partida ou de fase auxiliar, motor com capacitor e motor de indução com partida de repulsão), motor de repulsão e motor universal.

Dessa vasta linha de motores monofásicos vamos nos ater ao motor de fase auxiliar. Os motores monofásicos de fase auxiliar



são os que possuem a mais larga aplicação dentre os monofásicos. Esses motores possuem dois tipos de enrolamentos: principal e auxiliar.

O enrolamento principal (denominado de campo de serviço), processará o seu funcionamento normal, desde que exista alimentação.

O enrolamento auxiliar tem por função auxiliar a partida do motor e determinar o sentido de giro ou rotação. No enrolamento auxiliar estão ligados, em série, dois componentes: o capacitor e o interruptor centrífugo.

- Capacitor: tem por função defasar de 90° em atraso a tensão em relação à corrente, ou seja, o capacitor é polarizado inversamente para que determine o sentido de giro.
- Interruptor centrífugo: tem por função desligar o campo auxiliar quando o motor atingir 75% da velocidade nominal. Enquanto o motor está em funcionamento normal, o enrolamento ou bobina auxiliar está desligada.

Os motores monofásicos de fase auxiliar podem ser encontrados no comércio especializado com dois, quatro e seis terminais. Os motores com dois terminais funcionam em 127V ou 220V.

Por outro lado, os motores com quatro terminais funcionam em 127V ou 220V e permitem a inversão de rotação. Enfim, os motores com seis terminais funcionam em 127V, 220V e permitem a inversão de rotação.

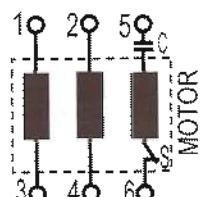
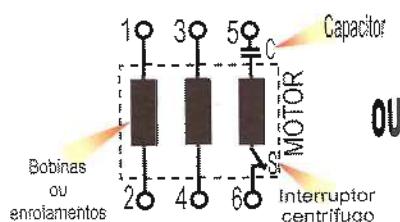


A bobina auxiliar é confeccionada, normalmente, com a metade do número de espiras e com seção dos condutores menores em relação às bobinas principais. Por isso, essa bobina não pode ficar energizada durante o funcionamento normal do motor, deve ser desligada pelo interruptor centrífugo, pois caso contrário poderá queimar.

Representação das bobinas e identificação do motor monofásico

As bobinas principais são representadas pelos bornes ou terminais de ligação numerados, sendo os inícios de bobinas, os bornes, com os números 1 e 3 ou 1 e 2 e os finais 2 e 4 ou 3 e 4, respectivamente.

A bobina auxiliar é representada pelos bornes ou terminais de



ligação numerados com início de bobina 5 e final de bobina 6.

oficina prática

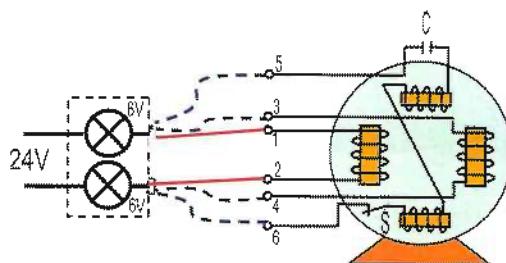
- 1.** Faça o teste de continuidade das bobinas de motores monofásicos e trifásicos com seis terminais, segundo as instruções abaixo.

Com o auxílio de uma lâmpada de prova ou um instrumento para verificação de continuidade, procede-se da seguinte forma:

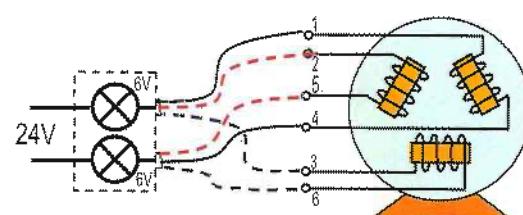
- Pega-se um dos terminais do motor e liga-se a um dos terminais da lâmpada de prova ou do instrumento;
- Procura-se entre as outras pontas (terminais) do motor, qual delas dá seqüência à passagem de corrente elétrica (a lâmpada de prova se acende ou o instrumento dá condição de continuidade). Definiu-se a primeira bobina. Marca-se: Para o motor monofásico com início de bobina 1 e final de bobina 2; para o motor trifásico com início 1 e final 4.
- Repete-se a operação até definir-se as três bobinas. (Veja figura abaixo).



Para atender a norma a respeito de segurança (SELV-Segurança extra baixa tensão), a lâmpada de prova deve ser alimentada com 24V.



Motor monofásico.



Motor trifásico.

- 2.** Processo para determinar a bobina auxiliar do motor monofásico

a) Medição de resistência

Para determinar a bobina auxiliar do motor monofásico, é preciso realizar o processo de medição da resistência. Com o auxílio de um V.O.M., verifica-se o valor da resistência de cada uma das bobinas, aquela que apresentar maior valor é a bobina auxiliar.

b) Lâmpada de prova

Em relação à lâmpada de prova, liga-se a bobina para que a lâmpada acenda. Movimentando-se o eixo do motor, com o auxílio de uma cordinha, haverá o desligamento do interruptor centrífugo, fazendo com que a lâmpada de prova se apague.

- 3.** Para polarização das bobinas principais do motor monofásico, proceda:

- Liga-se as duas bobinas de trabalho em série e aplica-se aos terminais da associação a tensão nominal de uma delas, mede-se a corrente. (A página 512).
- Inverte-se a ligação acima, e mede-se a corrente. (B página 512).



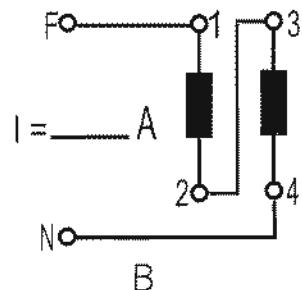
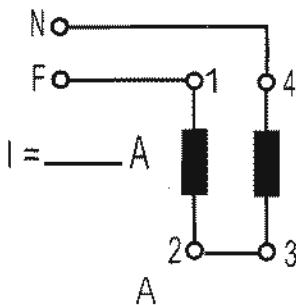
Para medição de resistência ou definição da continuidade da bobina observar se o motor está desenergizado (desligado).





Para esta operação
utiliza-se o amperímetro
alícate.

- A associação que acusar a menor corrente, deve-se marcar com os números: 1 – 2 – 3 – 4 na seqüência do sentido da corrente.



oficina teórica

- Quais são os três tipos de motores monofásicos?
- Cite quatro tipos de motores monofásicos de indução.
- Por que se usa uma chave centrífuga nos motores de fase partida ou de fase auxiliar?
- Quais são os componentes que estão ligados em série com a bobina auxiliar?
- Qual a função do capacitor para o funcionamento do motor monofásico de indução?
- Cite as partes constituintes de um motor elétrico de indução ou assíncrono.

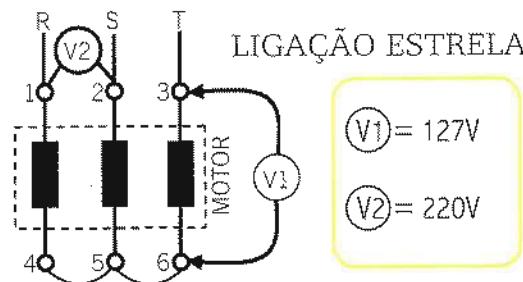
aplicando conhecimento

Motor trifásico

Os motores trifásicos são os de mais amplo emprego na indústria. Entre os tipos de motores trifásicos o assíncrono com rotor em curto (gaiola de esquilo) é o mais usado.

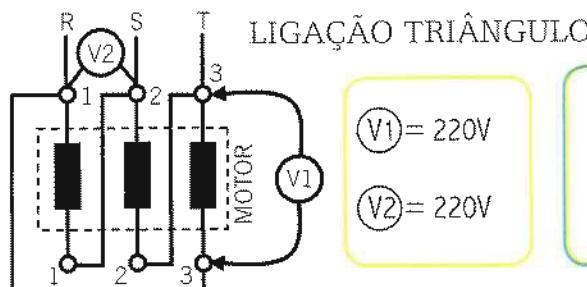
No estator dos motores trifásicos, tem-se convenientemente dispostos três enrolamentos ou bobinas (um para cada fase), dos quais saem os fios para ligação do motor à rede, podendo sair três, seis, nove ou doze fios ou terminais. Os motores de três terminais são raramente encontrados devido à desvantagem de permitirem somente a ligação para uma tensão. Já os motores com nove e 12 terminais, também são raros, pois são utilizados quando necessitam de motores pesados, para duas, três ou quatro tensões. Por fim, os motores com seis terminais são os mais utilizados atualmente, estes permitem ligações estrela (380V) e triângulo (220V), conforme a tensão da rede local.

Representação das bobinas e ligações em estrela e triângulo, do motor trifásico



Na ligação em estrela, os inícios das bobinas 1, 2 e 3 recebem alimentação através das fases R, S e T, respectivamente e os finais das bobinas 4, 5 e 6 são interligados entre si.

Ligação estrela: É utilizada para a retirada do motor da inércia. Deve-se utilizar chave de partida, conforme exigência da Concessionária (COPEL), para motores com potência a partir de 5cv.



Na ligação em triângulo, interliga-se: 1 com 6; 2 com 4 e 3 com 5, e a alimentação fases R, S e T são ligadas aos terminais 1, 2 e 3 respectivamente.

Ligação triângulo: É a ligação final do motor, utilizada para qualquer potência.



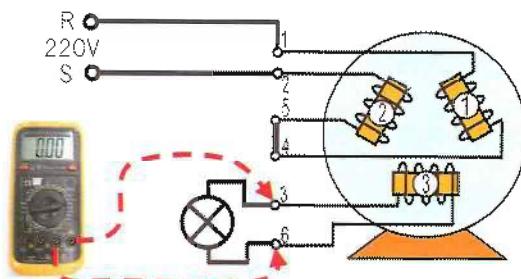
O motor trifásico para o seu regime normal de trabalho deverá estar sempre conectado em triângulo.



oficina prática

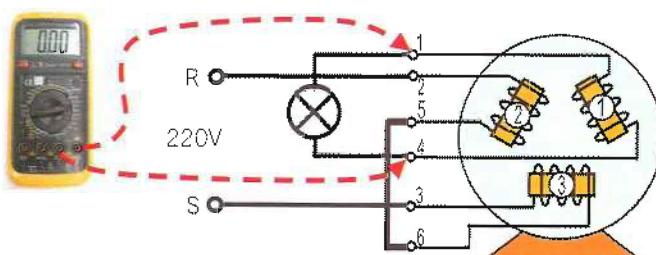
Polarização das bobinas do motor trifásico com seis terminais:

1. Polarização das bobinas 1 e 2 – Fonte 220V
 - liga-se as pontas ou terminais 4 com 5;
 - liga-se os terminais 1 e 2 à fonte;
 - liga-se uma lâmpada ou um V.O.M. na escala de tensão, aos terminais 3 e 6. Se a lâmpada acender ou o V.O.M. indicar tensão, a bobina 1 estará com a polaridade invertida. Neste caso, trocar 4 com 1. Se a lâmpada permanecer apagada ou o V.O.M. não indicar tensão, as bobinas 1 e 2 estão polarizadas.



2. Polarização da bobina 3 – Fonte 220V

- liga-se os terminais 5 com 6;
- liga-se os terminais 2 e 3 à fonte;
- liga-se uma lâmpada ou V.O.M. aos terminais 1 e 4. Se a lâmpada acender ou o V.O.M. indicar tensão, a bobina 3 está com a polarização invertida. Neste caso, trocar 3 com 6;
- repetir a ligação e ver se a lâmpada permanece apagada ou o V.O.M. não está indicando tensão.



Alerta

1. Não se deve, durante as operações, permanecer com o motor ligado mais tempo que o necessário. Ligar, fazer as observações necessárias e desligar em seguida.

2. Caso seja utilizado lâmpada, a mesma deve ser para 24V, aproximadamente.



oficina teórica

1. Dentre os motores trifásicos quais os mais utilizados na indústria?
.....
.....
2. Quanto ao número de terminais, os motores trifásicos podem ser encontrados...
.....
.....
3. Em função do número de terminais qual o mais utilizado?
.....
4. Quais os tipos de ligações possíveis de se fazer num motor trifásico com seis terminais?
.....
.....
5. Explique como devem ser feitas as ligações em estrela e triângulo.
.....
.....
.....
.....

aplicando conhecimento



Partida de motores elétricos

Os motores elétricos necessitam, para o seu funcionamento, da energia elétrica da rede da concessionária e a transformam em energia mecânica em seu eixo caracterizada pela rotação. No momento em que o motor é energizado, através de um dispositivo de partida, comando ou manobra, a corrente inicial (corrente de partida), exigida pelo motor, pode chegar a sete vezes o valor da corrente nominal.



"Se o motor é energizado em vazio (sem carga) ele adquire rapidamente sua velocidade nominal e a diminuição da corrente será rápida também, porém se o motor partir "em carga" a situação é mais complicada, pois as correntes serão maiores e as solicitações elétricas aos dispositivos de acionamento também".

No entanto, o motor de indução com rotor gaiola de esquilo, a corrente elevada na partida não é suficiente para danificar o motor, porém pode causar uma indesejável flutuação de corrente no sistema de alimentação. Devido a isso, toda a tensão ou corrente nominal só se aplica na partida de motores de pequena potência, normalmente de 3 cv a 5 cv no máximo. Para motores com potências maiores deve-se utilizar chaves de partida.



Arquivo autor

Chaves de partida para motores.

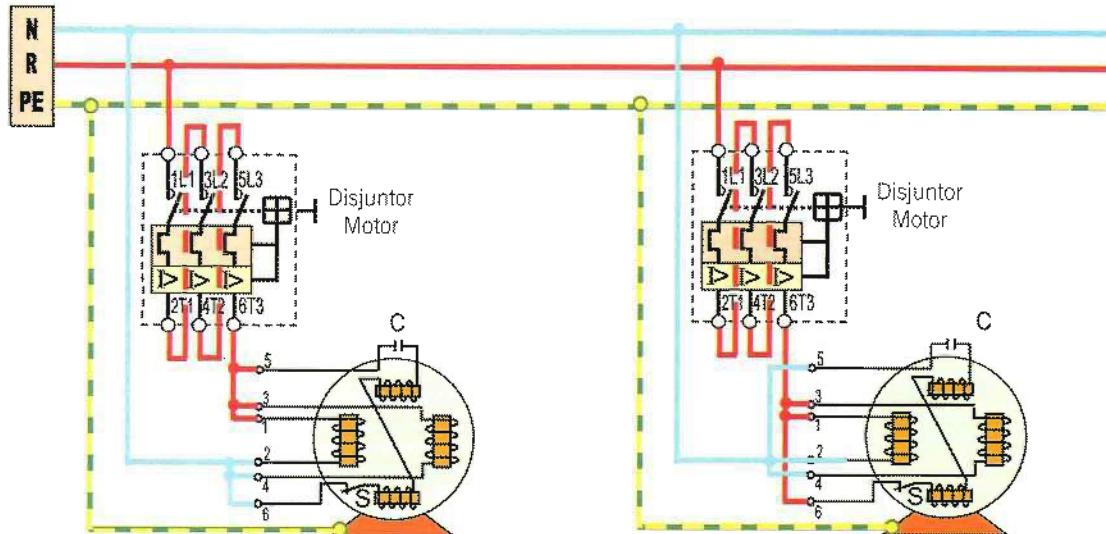
Partida direta de motor monofásico

Para a partida direta de motor monofásico, proceda da seguinte maneira.

Para inverter o sentido de rotação (giro) do motor monofásico, basta inverter as ligações da bobina auxiliar, ou seja, trocar 5 com 6. No sentido horário a fase estava ligada no terminal 5 e o neutro no terminal 6, e no sentido anti-horário a fase passa para o terminal 6 e o neutro para o terminal 5, invertendo o sentido do campo magnético da bobina auxiliar, de acordo com:

Ligação em 127V por disjuntor motor – dois sentidos de rotação

QDF



Rotação do motor no sentido horário

FASE – 1 – 3 – 5

NEUTRO – 2 – 4 – 6

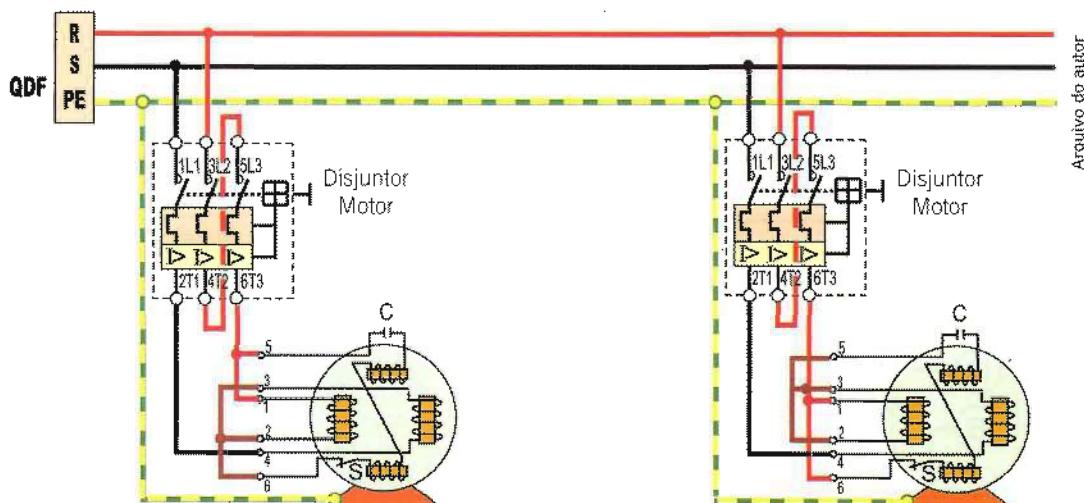
Rotação do motor no sentido anti-horário

FASE – 1 – 3 – 6

NEUTRO – 2 – 4 – 5

Ligação em 220V por disjuntor motor – dois sentidos de rotação

Na ligação em 220V (com duas fases), a inversão do sentido de rotação acontece pela troca de ligações da fase R com os terminais 5 e 6.



Rotação do motor no sentido horário

FASE "R" – 1 – 5

FASE "S" – 4

INTERLIGADOS – 2 – 3 – 6

Rotação do motor no sentido anti-horário

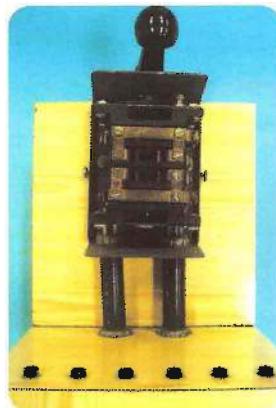
FASE – 1 – 3 – 6

FASE "S" – 4

INTERLIGADOS – 2 – 3 – 5

Instalações
elétricas prediais

Partida direta de motor monofásico com chave reversora manual



Chave reversora monofásica.

Arquivo do autor

Para efetuar a inversão do sentido de giro (rotação) do motor monofásico utiliza-se a chave reversora de comando manual. Normalmente do tipo rotativo, possui um conjunto de contatos móveis e fixos que ao mover o manípulo da chave o motor parte em um sentido e para inverter o sentido de rotação basta mudar a posição do manípulo da chave.

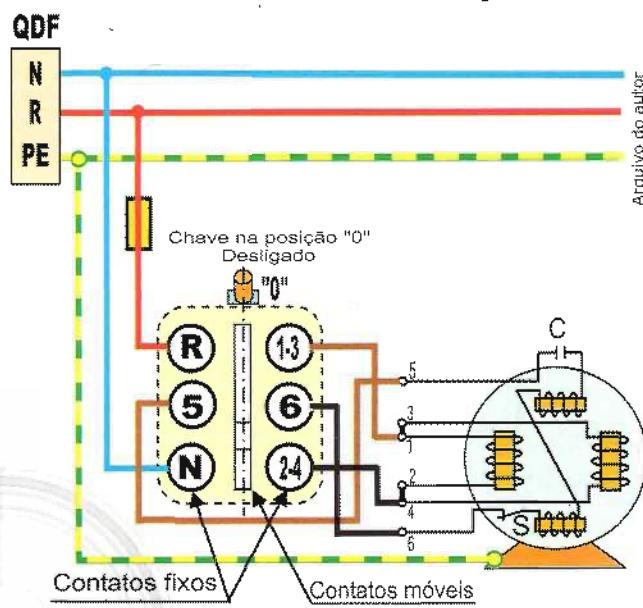
Pode ser encontrada no comércio especializado do tipo de embutir ou sobrepor. É uma chave que proporciona segurança para o operador, facilidade de instalação e custo baixo.

Devem apresentar as seguintes características que são importantes para o bom funcionamento, tais como:

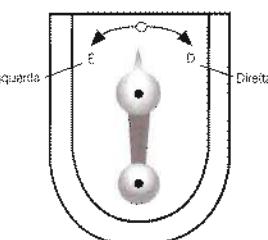
- suportar a corrente nominal de serviço sem se quebrar;
- conter isolamento condizente com a tensão nominal de serviço;
- ter razoável velocidade de abertura dos contatos a fim de que possa ser manobrada com carga;
- é recomendável que contenha ainda: desenho ou foto do dispositivo ou chave, número de referência comercial (próprio do fabricante), corrente de serviço, tensão de serviço, dimensões e esquema de ligações.

Esquema funcional da chave reversora manual monofásica em 127V

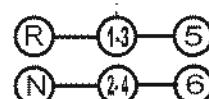
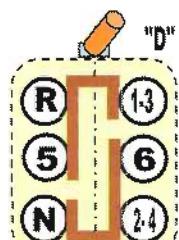
A chave possui três posições. São elas: posição "0", "D" e "E".



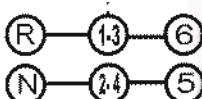
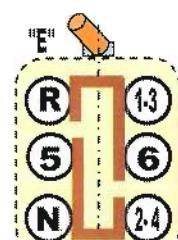
Arquivo do autor



Chave na posição "D"
Sentido horário



Chave na posição "E"
Sentido anti-horário

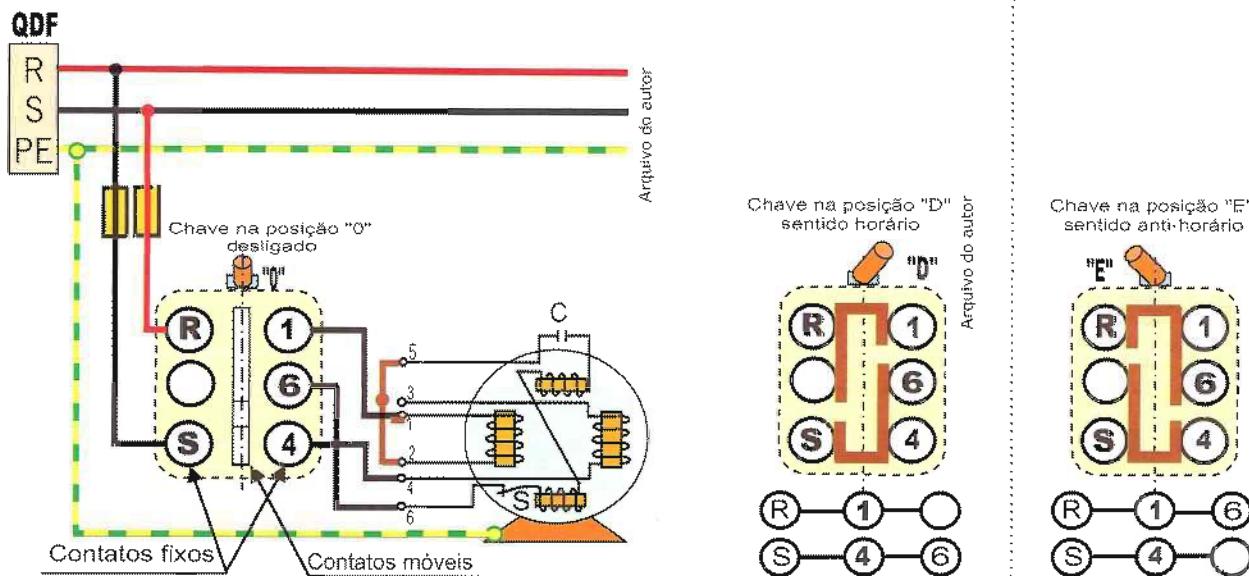


O sentido mencionado é por hipótese. Caso o motor gire em sentido oposto ao indicado, deve-se inverter 5 com o 6 na chave.

Para inverter o sentido de giro, deve-se levar o manípulo na posição "0" e aguardar o fechamento do interruptor centrífugo, posteriormente mude a posição do manípulo da chave.

Esquema funcional da chave reversora manual monofásica em 220V.

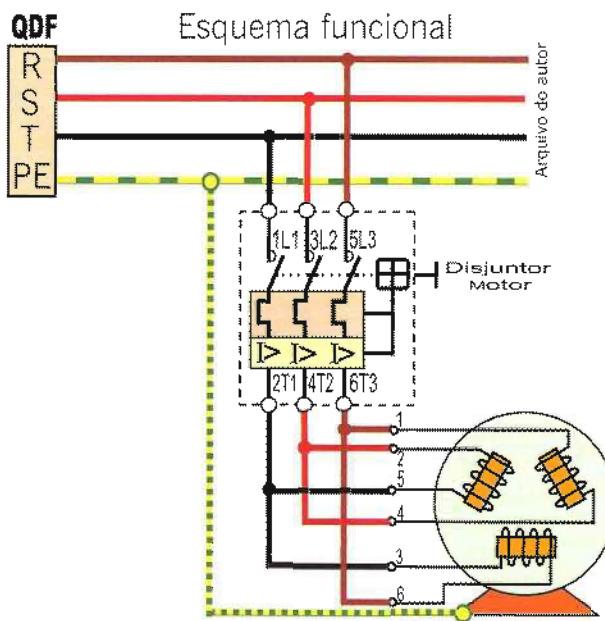
Os terminais 2, 3 e 5 do motor são ligados entre si e isolados da chave, e a inversão do sentido de giro se faz apenas pelo terminal 6, que se acopla com o terminal 1 e 4.



Partida direta de motor trifásico

Para a partida direta de motor trifásico, proceda conforme exposto abaixo.

Disjuntor motor



Arquivo do autor

Arquivo do autor

Partida direta de motor trifásico com chave reversora manual

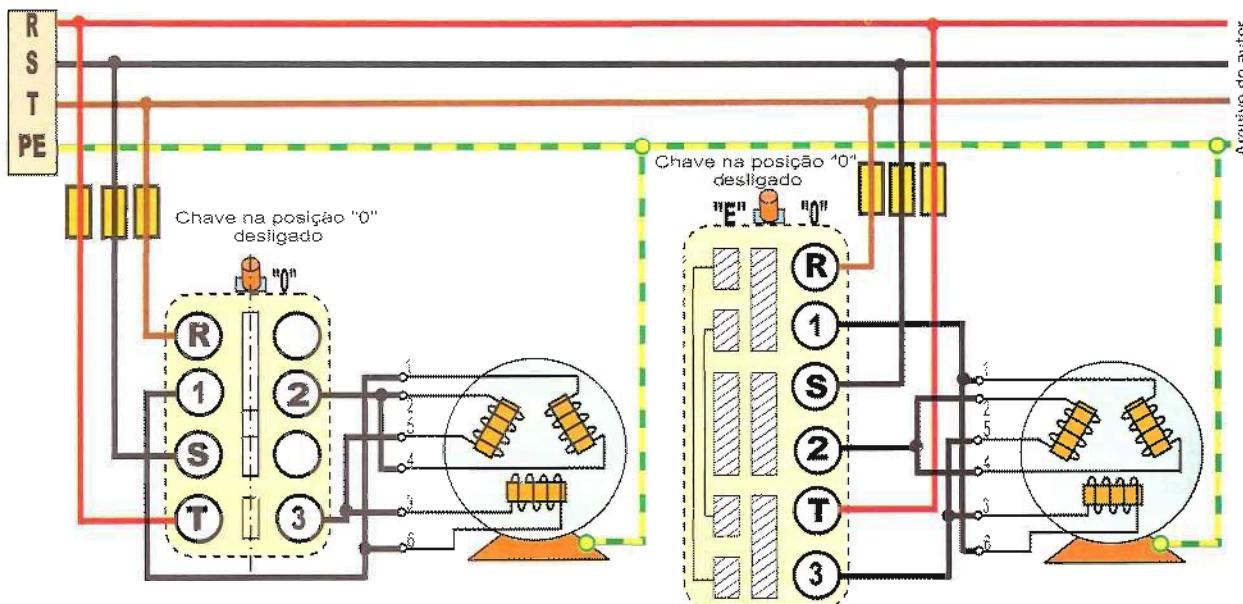


Chave reversora trifásica.

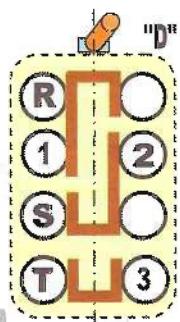
A chave reversora trifásica, semelhante à chave reversora monofásica, difere apenas quanto à programação dos contatos e pode ser seca ou conter óleo vegetal para reduzir o arco em função das correntes elevadas.

Esquema funcional da chave reversora manual trifásica

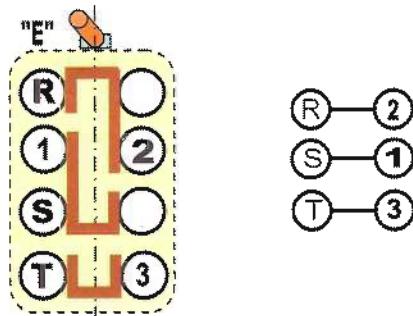
Observe o esquema funcional da chave reversora manual trifásica.



Chave na posição "D" sentido horário



Chave na posição "E" sentido anti-horário



O motor trifásico, antes de ser ligado à chave reversora Manual, deverá ter seus terminais conectados em triângulo, que é a ligação para o recebimento da carga em seu eixo, ligação final. Além disso, a chave reversora manual trifásica é usada para motor com potência até 5cv ou 5HP, pois é considerada como partida direta.

Partida de motor trifásico com chave estrela-triângulo manual

A chave estrela-triângulo manual é utilizada em motores cuja potência seja de 5cv até 15cv, com o objetivo de retirar o motor da inércia para reduzir a corrente de partida, quando ligado a uma carga, mas o motor deve partir vazio. Portanto, a ligação estrela é a ligação auxiliar para a retirada do motor da inércia.

A finalidade é atender as exigências das concessionárias de energia elétrica, que consideram necessário o emprego de dispositivos especiais para limitar a corrente de partida, a fim de evitar perturbações no funcionamento de instalações vizinhas.

Apresentam as mesmas características construtivas das chaves reversoras manuais, Dahlander, etc., diferindo apenas no número e na programação dos contatos. Logo, devem ser utilizadas em motores que permitem essas ligações, ou seja, a tensão da rede deverá coincidir com a tensão do motor na ligação em triângulo, podendo ser de embutir ou de sobrepor.



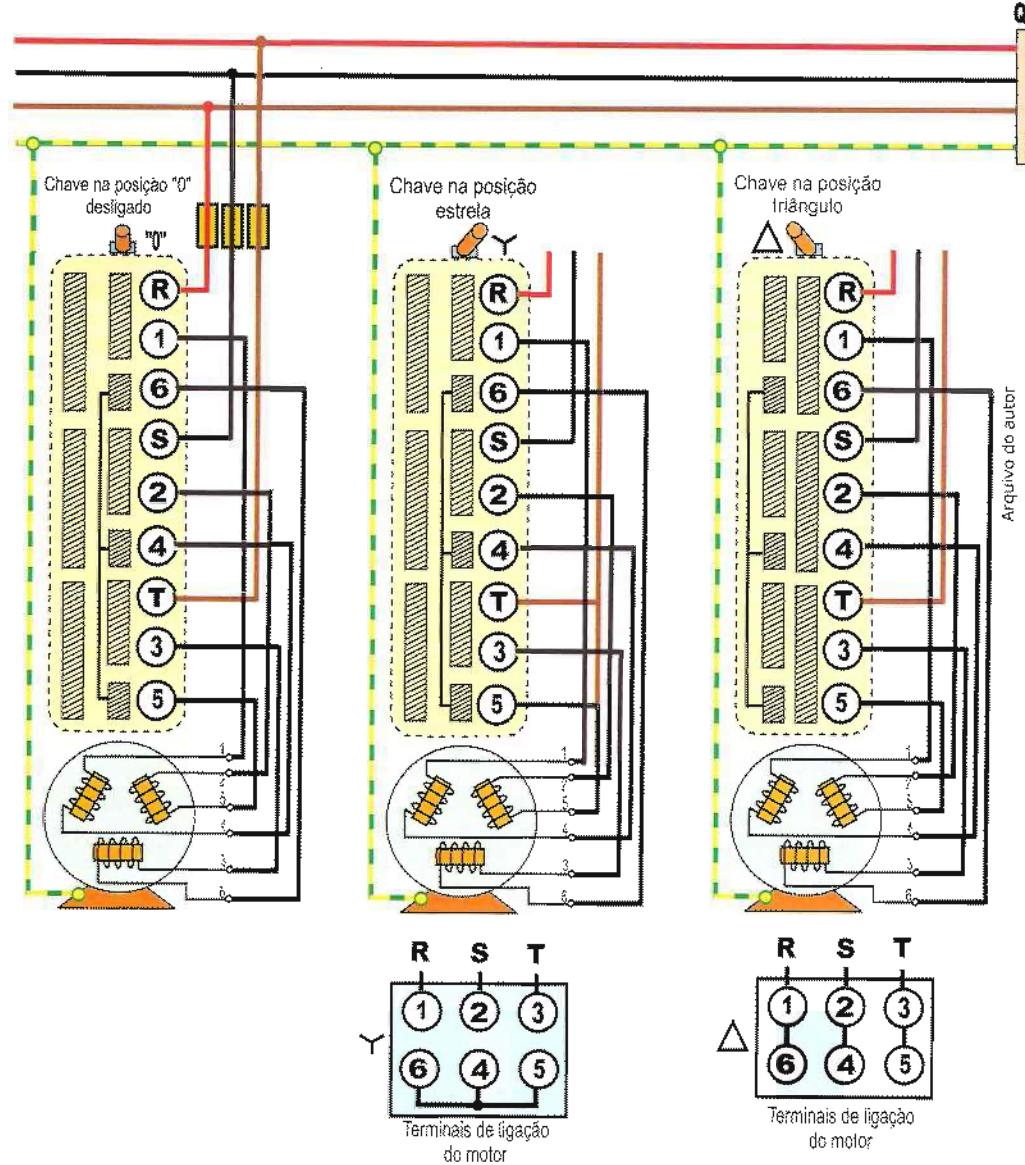
Chave estrela-triângulo.



Os motores deverão ter, impreterivelmente, seis terminais e devem ser utilizados em redes com tensão até 500V.

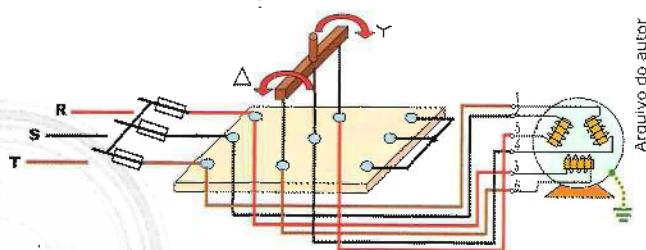


Esquema funcional da chave estrela-triângulo manual



A passagem da ligação estrela para triângulo só deve ser executada quando o motor atingir 80% da velocidade nominal.

Esquema funcional da chave estrela-triângulo manual tipo faca.



Note que a chave estrela-triângulo manual tipo faca é ainda utilizada em algumas instalações tais como: moinhos, marcenarias, serrarias, etc. É usada para motores com capacidade de até 5cv.

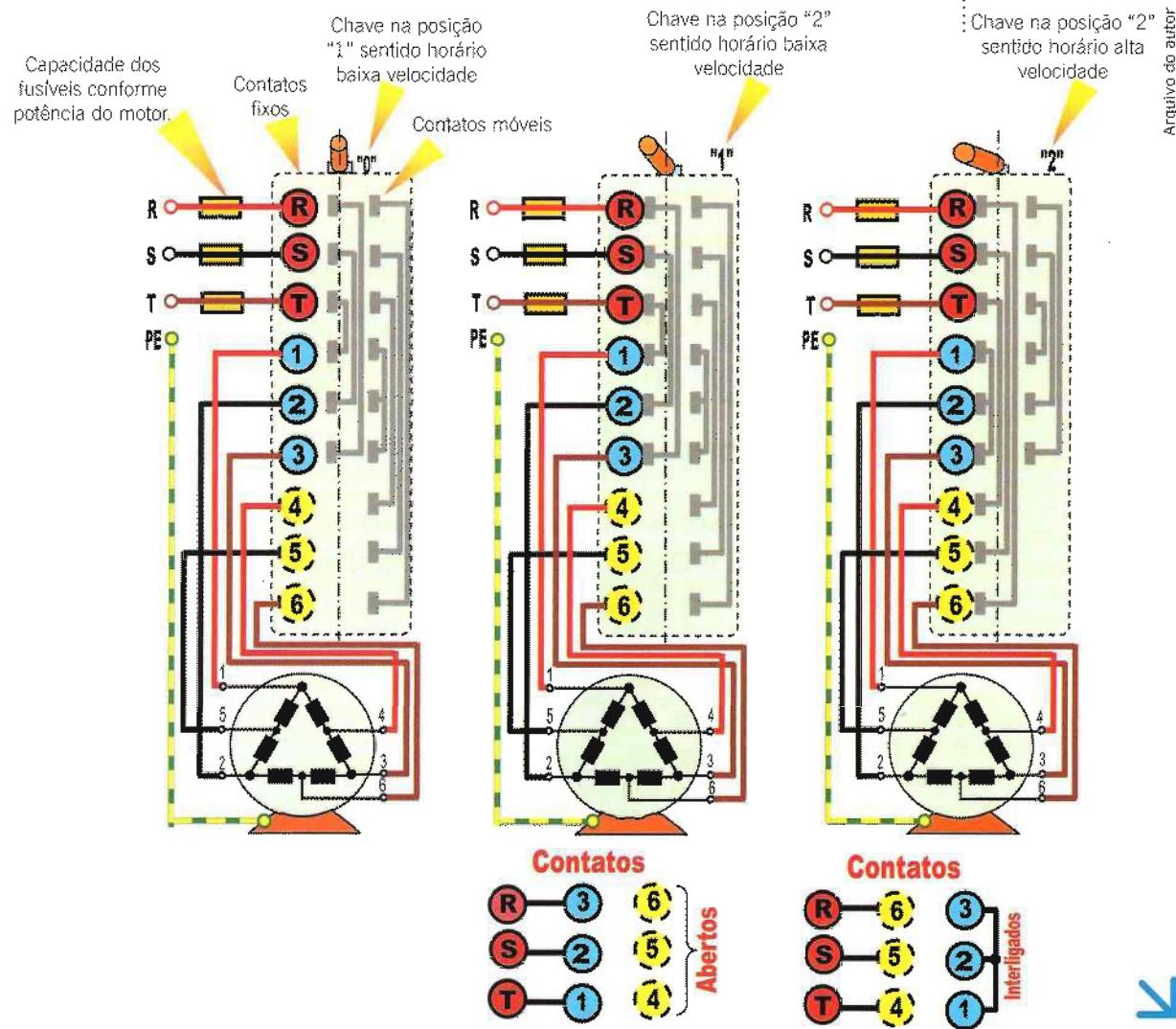
Partida de motor trifásico Dahlander

Os motores de duas velocidades com enrolamento por comutação por pólos, conhecido também como motor assíncrono de indução trifásico Dahlander, pode ser utilizado em: talhas, moinhos, britadores, exaustores, ventiladores, compressores injetores, equipamentos para panificação, transportadores contínuos, guindastes, máquinas operatrizes.



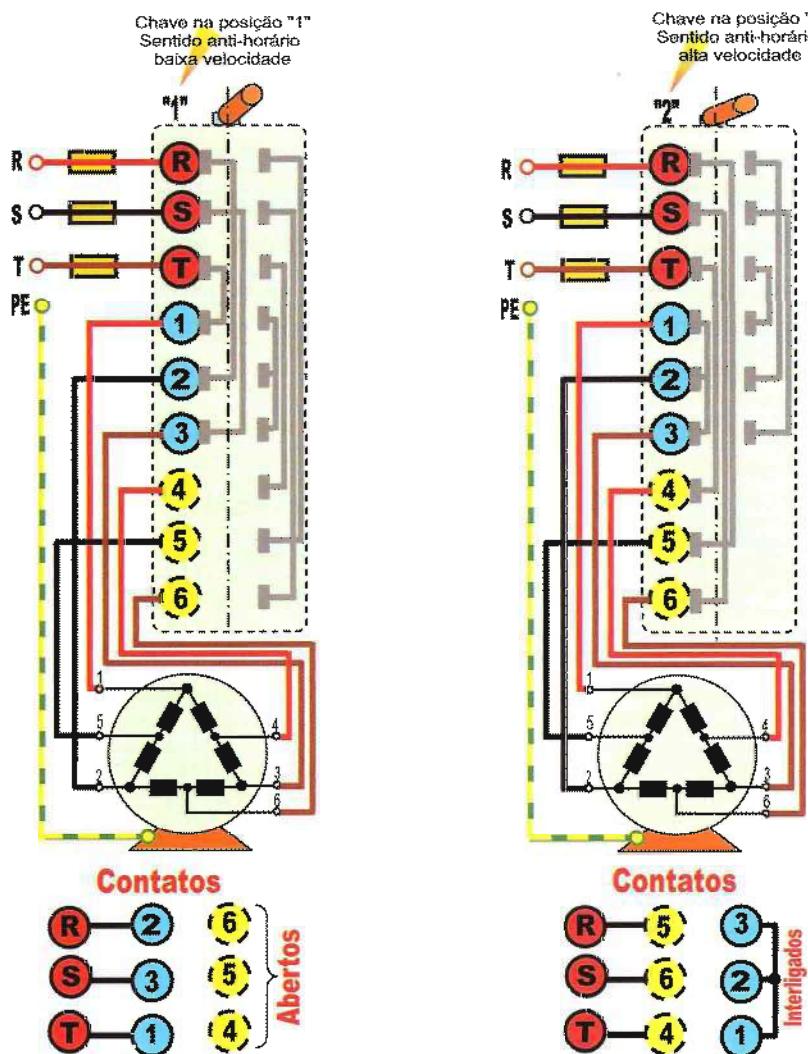
Motor Dahlander.

Esquema funcional de comando de motor Dahlander com chave de dois sentidos de rotação





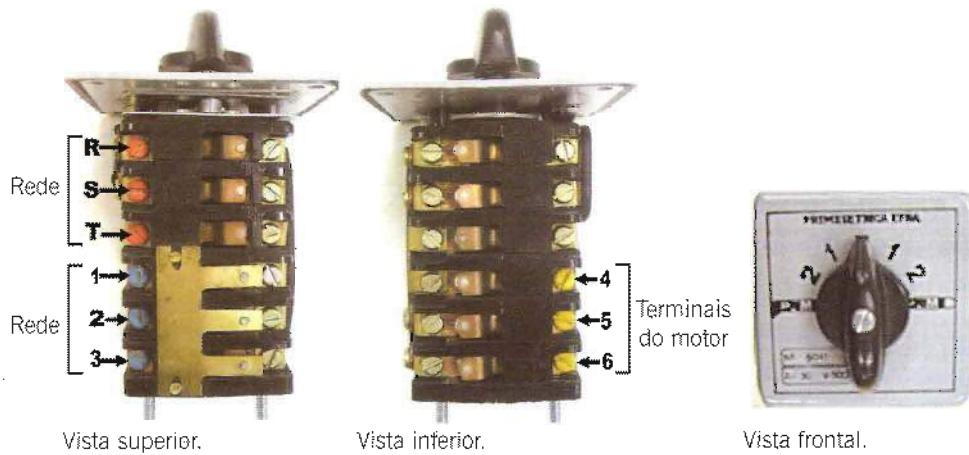
Ao ligar o motor Dahlander com chave manual deve-se observar as ligações recomendadas pelo fabricante.



Arquivo do autor

Chave manual Dahlander

A seguir apresentamos uma visão dos terminais de ligações da chave manual Dahlander com dois sentidos de rotação



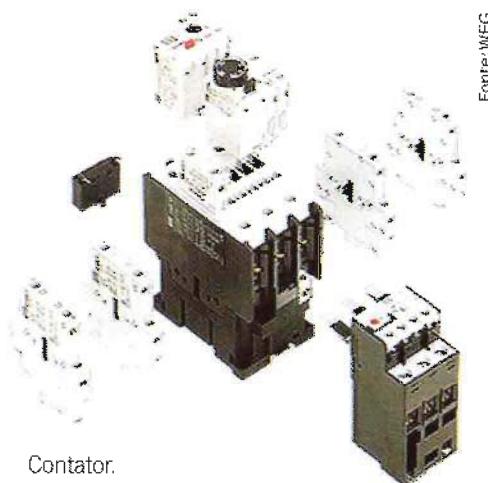
paralelo

alerta

Contator

O contator é um dispositivo eletromagnético que tem por função ligar e desligar um circuito de motor ou outra carga qualquer. Pode ser usado individualmente ou acoplado à relé de sobrecorrente, na proteção contra sobrecarga. É usado, normalmente, no acionamento de circuitos elétricos automáticos a distância. O componente principal é a bobina e quando energizada cria um campo magnético induzindo o núcleo fixo o qual atrai o núcleo móvel fechando o circuito. Assim que a bobina é desenergizada cessa o campo magnético, provocando o retorno do núcleo móvel através das molas.

Existe contator para motor e contator auxiliar.



Contator.

Fonte: WEG



Contator.

Fonte: WEG

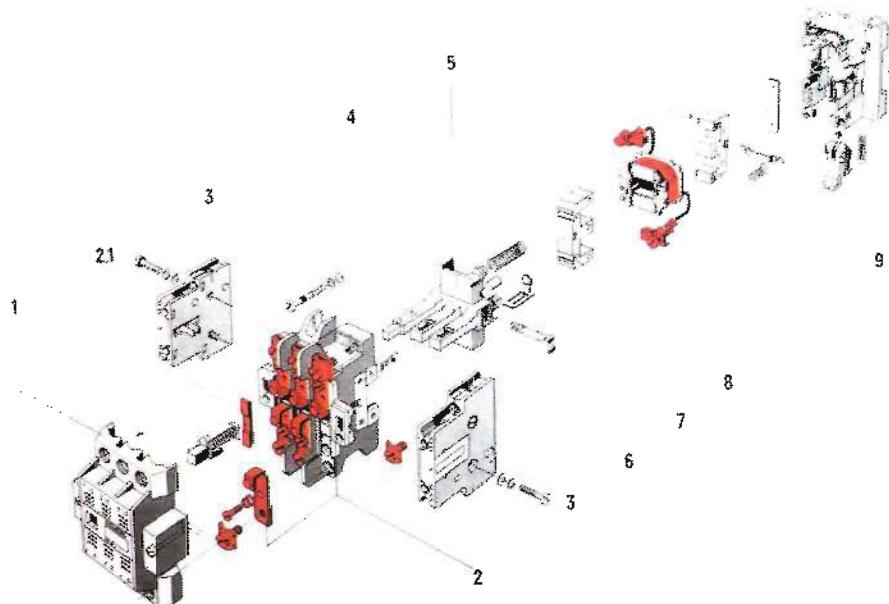
Apresentamos este tipo de chave, neste trabalho, somente para análise e funcionamento. Esta chave não apresenta nenhuma segurança tanto para o operador como para a instalação. Portanto, constatada a sua existência deve-se sugerir a sua substituição, o mais rápido possível, por outra que ofereça as condições ideais de segurança e operação.



instalações
elétricas prediais

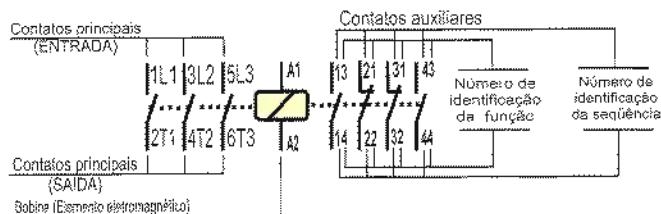


O contator é constituído por uma grande quantidade de peças. A seguir apresentamos uma ilustração onde podem ser vistos os componentes principais de um contator.



Vista interna dos componentes de um contator.

1- Câmara de extinção de arco; 2- Peças do contato fixo; 2.1-Peça do contato móvel; 3- Contatos auxiliares; 4- Caixa; 5- Portador ou suporte dos contatos; 6-Núcleo móvel; 7-Bobina; 8-Armadura (núcleo fixo); 9- Caixa de magneto.



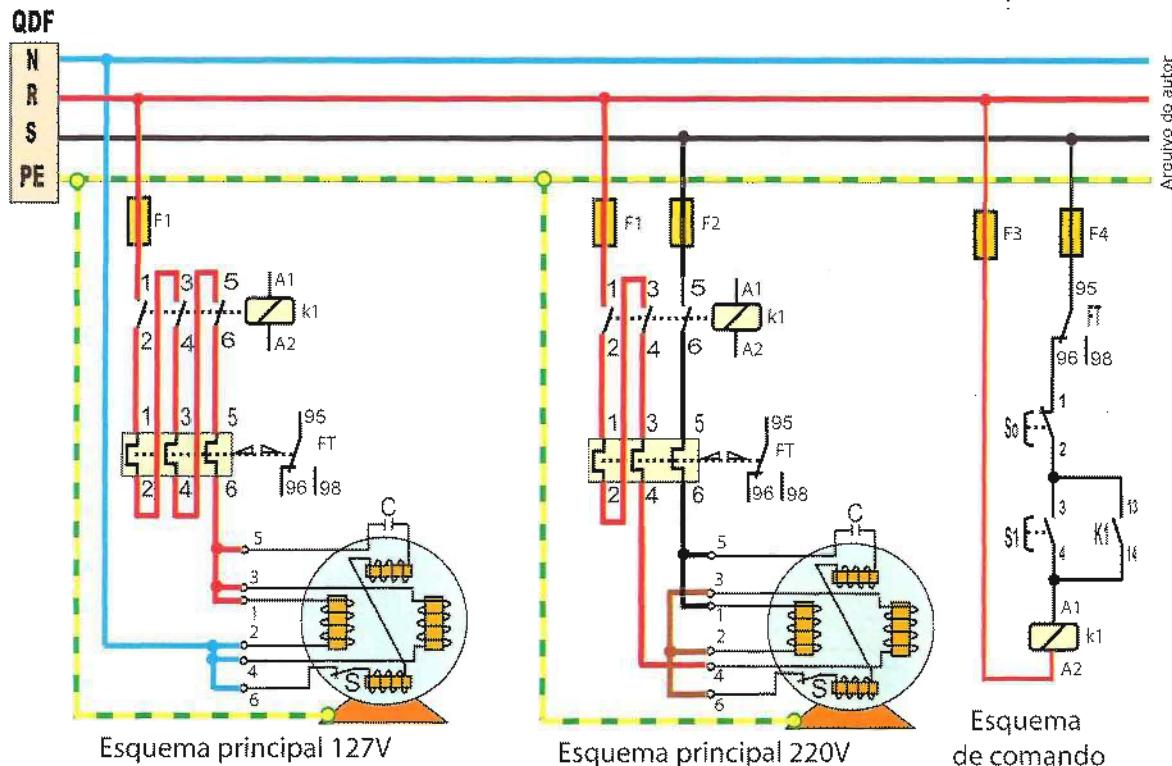
A identificação dos contatos, de acordo com norma específica, tem por função facilitar as ligações de um esquema de comando.

aplicando conhecimento

Ligação do motor monofásico por contator e botoeiras – 127V e 220V

Para comandar um motor monofásico ou trifásico por contator é a ação que consiste em aplicar um pulso de tensão na bobina do contator através de um botão fechador (S1), fazendo com que os conta-

tos principais sejam fechados energizando o motor. E, através de um botão abridor (S₀), permitindo interromper a alimentação da bobina, provocando a abertura dos contatos principais, desligando o motor.



Seqüência da operação

Acompanhe a seqüência de operação descrita a seguir.

Ligação

Estando sob tensão a entrada da alimentação N, R e S, e apertando-se a botoeira S₁, a bobina do contator K1 será energizada, o que faz com que os contatos auxiliares de retenção fechador (13/14) do contator K1, mantenham a bobina energizada; os contatos principais se fecharão, e o motor passará a funcionar.

Interrupção

Para desligar o circuito de comando basta pressionar a botoeira (S₀), a qual cortará a alimentação da bobina do contator (K1) abrirá o contato de retenção (13/14) e, na seqüência, há abertura dos contatos principais (1,2; 3, 4 e 5, 6) e a parada do motor.



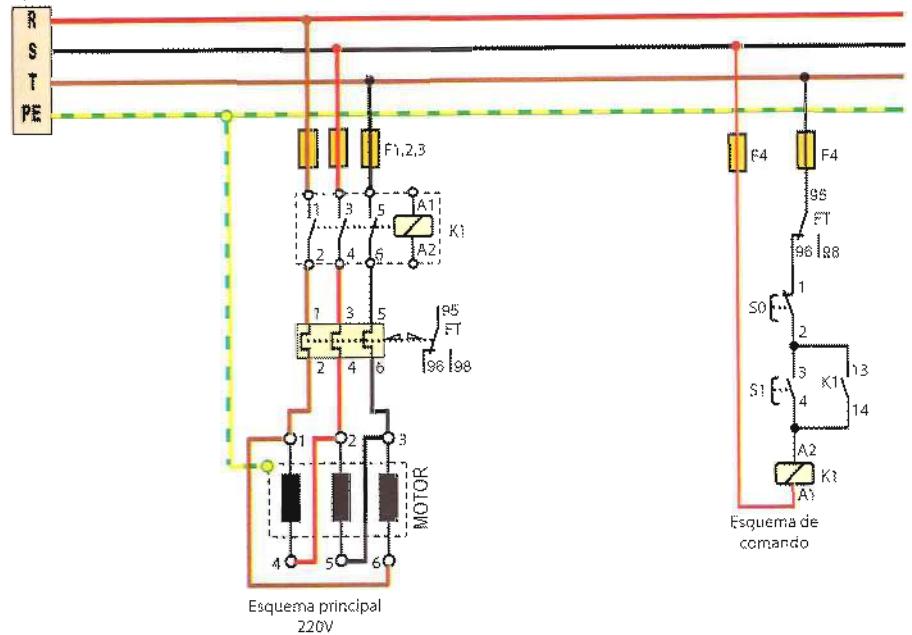
Ao ligar o relé de sobrecarga num circuito monofásico, a fase deve passar em todos os elementos térmicos (ligação série) para oferecer as condições ideais de proteção térmica (sobrecarga).



Esquema do comando elétrico do motor trifásico com contator e botoeira

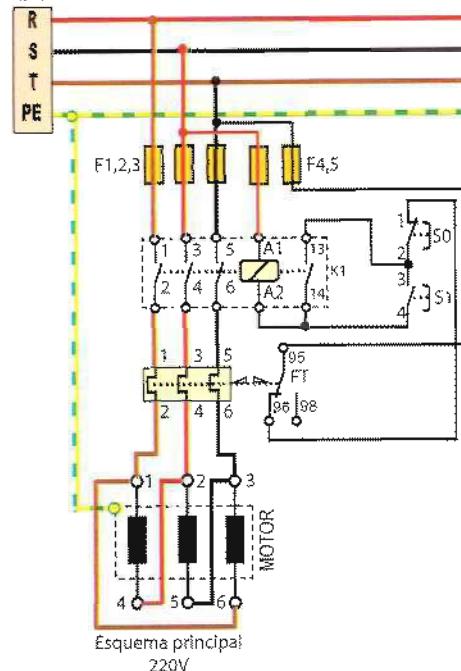
A seguir, apresentamos as ligações do esquema principal e de comando para um motor trifásico. O funcionamento e a seqüência de operação é semelhante ao comando de motor monofásico por contator e botoeira, já visto anteriormente.

QDF



Esquema multifilar do comando de motor trifásico por contator e botoeira.

QDF



Esquema funcional do comando de motor trifásico por contator e botoeira.

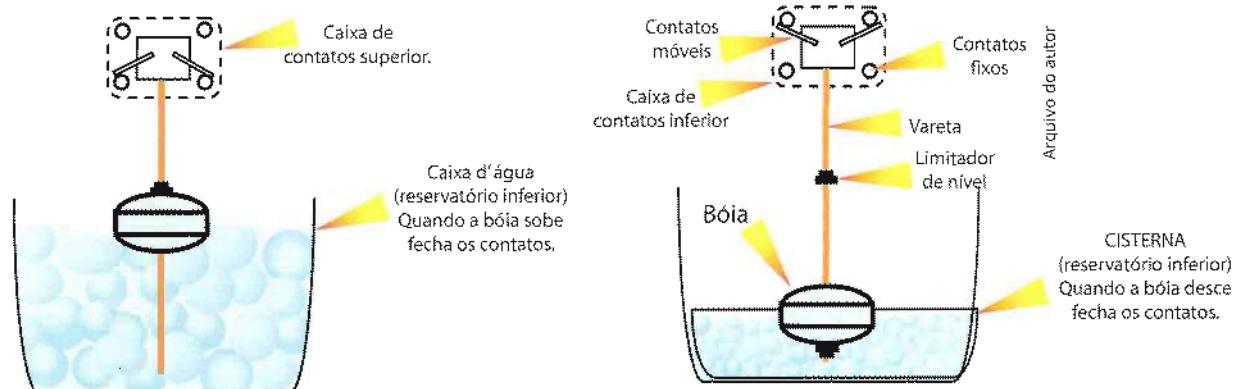
Comando de motobomba por chave de nível bóia

A chave bóia é um tipo de interruptor que tem como finalidade controlar o nível de água ou outro tipo de líquido.

Para atender a necessidade de abastecimento d'água em um edifício, por exemplo, a chave bóia do reservatório superior e inferior devem ser ligadas em série, de modo que somente se complete o circuito da chave magnética ou outro dispositivo de comando, quando o reservatório superior estiver vazio e o inferior cheio.

Quanto ao tipo de funcionamento pode ser encontrado uma grande quantidade de tipos de chave de nível bóia. Os mais comuns encontrados no comércio são contatos sólidos ou fixos; contatos de mercúrio e sensores eletrônicos por relé de nível.

Chave de nível bóia com contatos sólidos ou fixos



Os contatos sólidos ou fixos são constituídos por uma caixa de contatos fixos e móveis, uma vareta de latão com os limitadores de nível e a bóia, propriamente dita, geralmente de PVC.

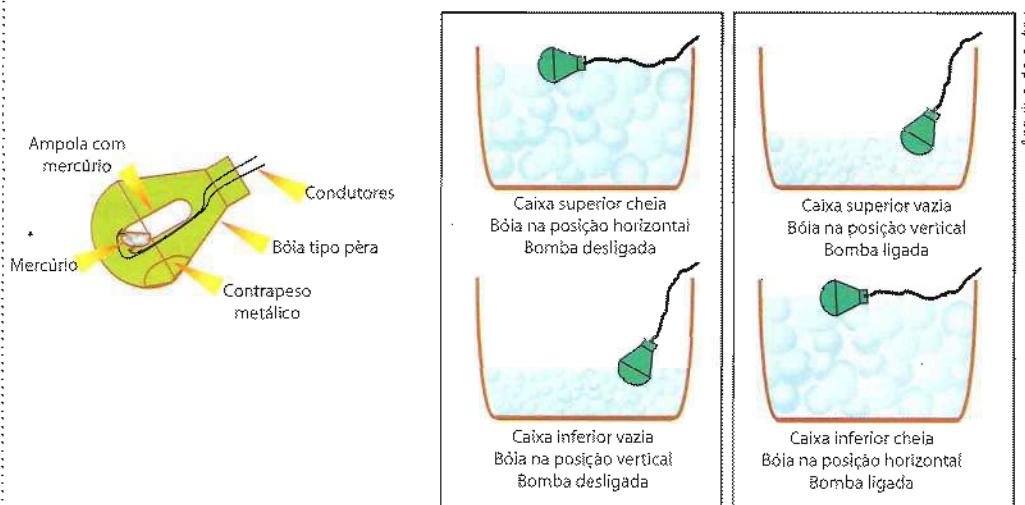
Chave de nível bóia com contatos de um mercúrio

Os contatos de mercúrio, no interior de um invólucro de PVC, contêm: um contrapeso metálico que serve para manter a chave bóia na posição desejada, uma ampola e no seu interior os contatos e o mercúrio. Os contatos estão ligados aos condutores

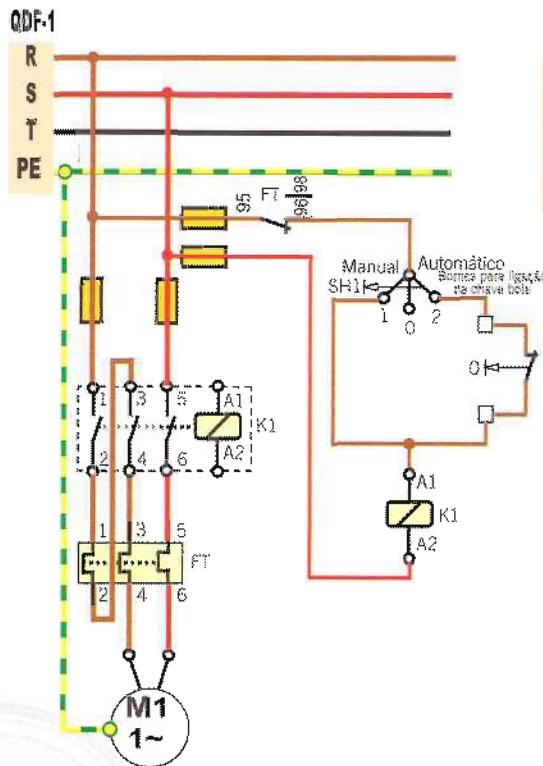


do circuito elétrico. Conforme a posição da chave, os contatos são ligados entre si por meio do mercúrio.

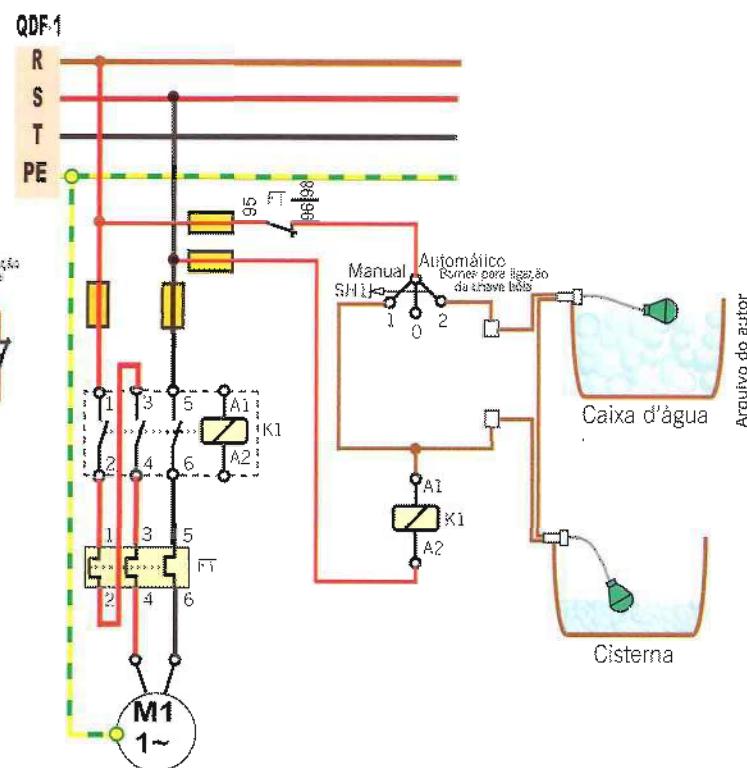
Existem dois tipos de chave bóia com contatos de mercúrio usadas: para reservatório superior e inferior.



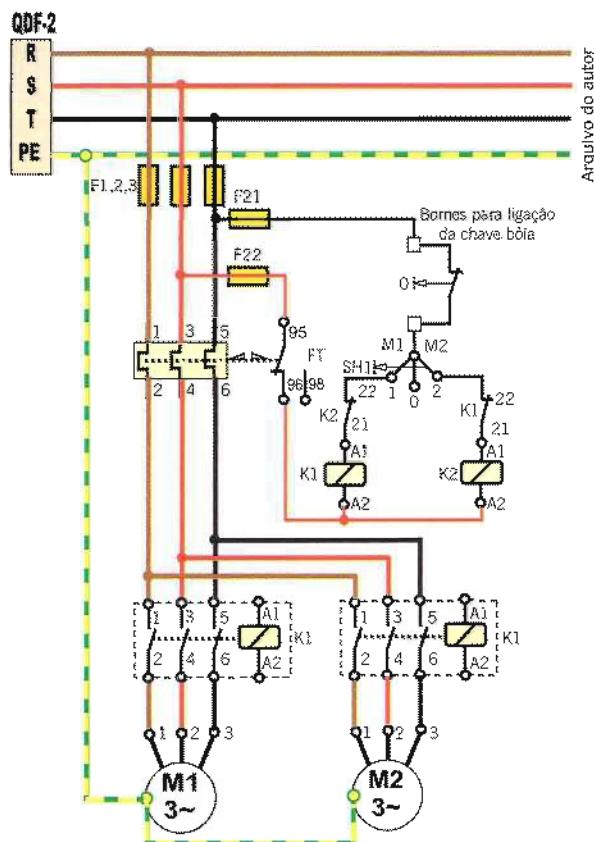
Esquema de ligações com chave seletora



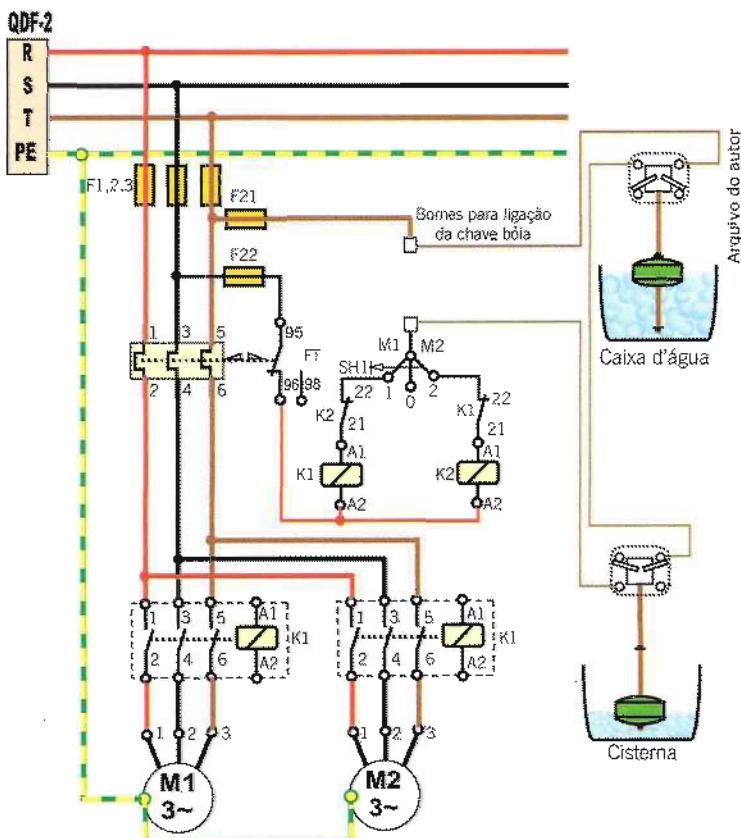
Esquema multifilar com motor monofásico.



Esquema funcional com motor monofásico.



Esquema multifilar com motor trifásico com motor reverso.

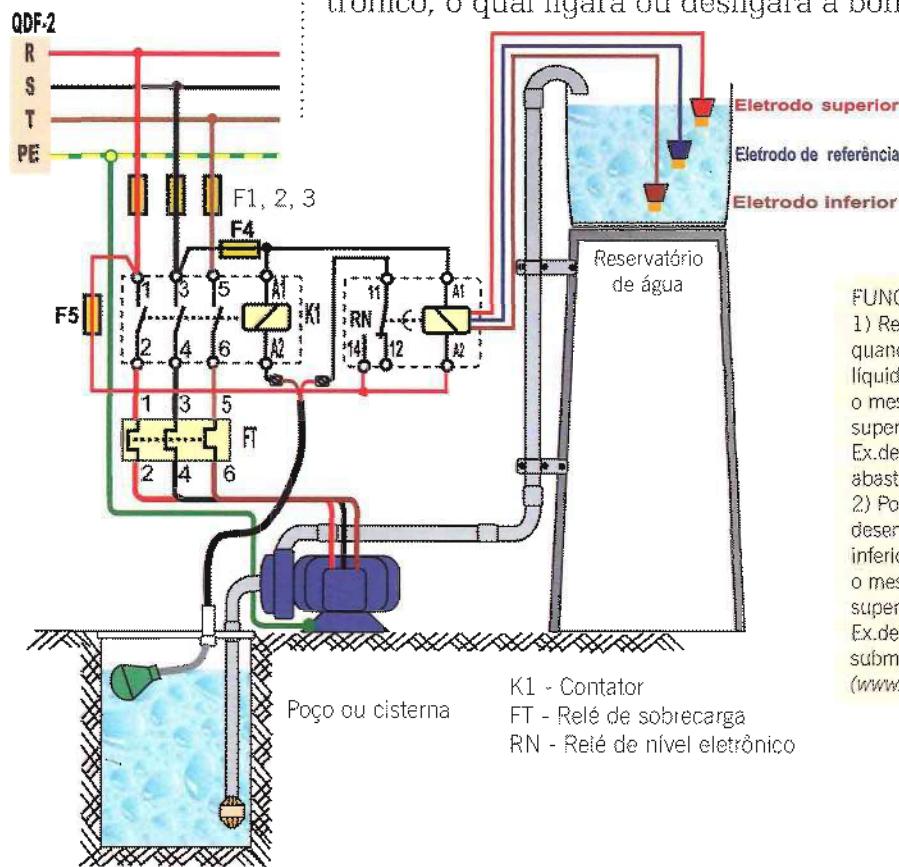


Esquema funcional com motor trifásico com motor reverso.



Chave de nível bóia com sensor eletrônico

A chave de nível bóia com sensor eletrônico é a mais sofisticada de todas. Contém sensores de grafite, de máxima e de mínima, que detectam o nível de líquido enviando um sinal para o relé eletrônico, o qual ligará ou desligará a bomba, conforme o caso.



Controle de nível de líquidos por sensores e relé eletrônico.

FUNCIONAMENTO

- 1) Reservatório: O relé de saída estará energizado quando o nível mínimo (eletrodo inferior) de líquido for atingido e desenergizará quando o mesmo atingir o nível máximo (eletrodo superior).

Ex.de aplicação: evitar que a bomba que abastece uma caixa d'água faça-a transbordar.
2) Pôço ou cisterna: O relé de saída estará desenergizado quando o nível mínimo (eletrodo inferior) do líquido for atingido e energiza quando o mesmo atingir o nível máximo (eletrodo superior).

Ex.de aplicação: Evitar que uma bomba submersa trabalhe sem água.
(www.autcontrol.com.br)

Ergonomics: autonomic

oficina teórica

- 1.** O que é necessário fazer para inverter o sentido de rotação do motor monofásico?

2. Quais são as características técnicas das chaves reversoras?



3. O que é necessário fazer para inverter o sentido de giro do motor trifásico?

4. Que tipo de ligação deve ser feita no motor trifásico antes de conectá-lo à chave reversora trifásica?

5. Qual a finalidade da utilização da chave estrela-triângulo no comando de motores elétricos trifásicos?

6. Que tipo de motor trifásico e qual a tensão máxima que deve ser utilizada para a chave estrela-triângulo manual?

7. Qual o elemento principal de um contator?

8. Qual é a principal função do contator?

9. Explique, sucintamente, o funcionamento do contator.

10. Quais os principais tipos de chave-bóia encontrado no comércio?



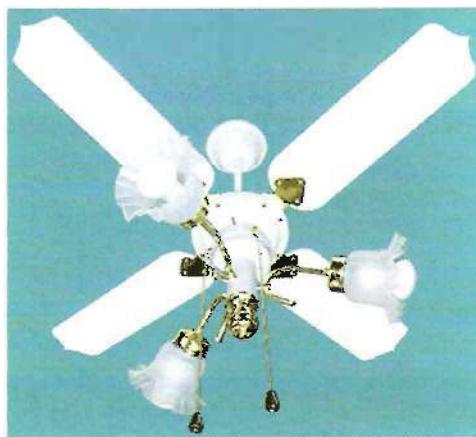
aplicando conhecimento



Ventiladores

Ventiladores são dispositivos eletromecânicos que têm a função de converter a energia elétrica recebida da rede da concessionária em energia mecânica de rotação, aplicada em seus eixos, com a finalidade de movimentar o ar através da pressão de suas hélices.

Existem basicamente dois tipos de ventiladores, conforme a aplicação a que se destinam: os ventiladores axiais e os ventiladores centrífugos. Os ventiladores axiais são os mais utilizados nas residências, comércio e indústria. E os ventiladores centrífugos são mais utilizados nas indústrias.



Fonte: Tron e Aerotec e centrífugos



Fonte: Tron e Aerotec e centrífugos



Fonte: Tron e Aerotec e centrífugos

Tipos de ventiladores axiais.

Dicas importantes para a conservação dos ventiladores

Apresentamos a seguir algumas recomendações quanto ao uso e conservação dos ventiladores:

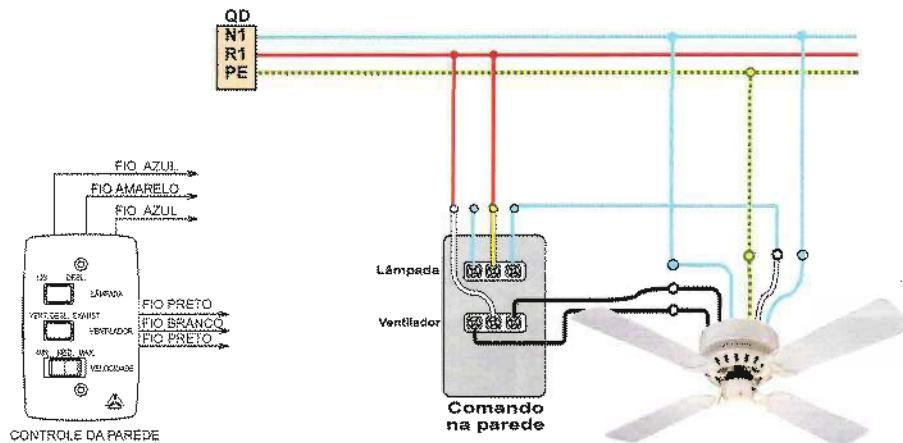
- não adicionar nenhum tipo de graxa ou óleo no rolamento do ventilador;
- para limpar as pás, a haste ou o motor utilizar pano seco para evitar choques ou queima de motor;
- não encostar objetos nas pás, enquanto as mesmas estiverem em movimento.

Esquema de ligações do ventilador de teto e parede

Acompanhe os procedimentos para a realização da instalação elétrica dos ventiladores de teto e de parede, conforme os esquemas a seguir.

Chaves capacitivas - circuito para ventiladores com luminária

Comando com controle na parede

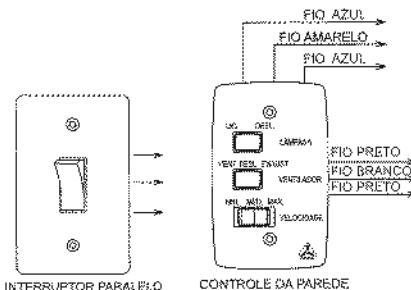


Comando de ventilador.

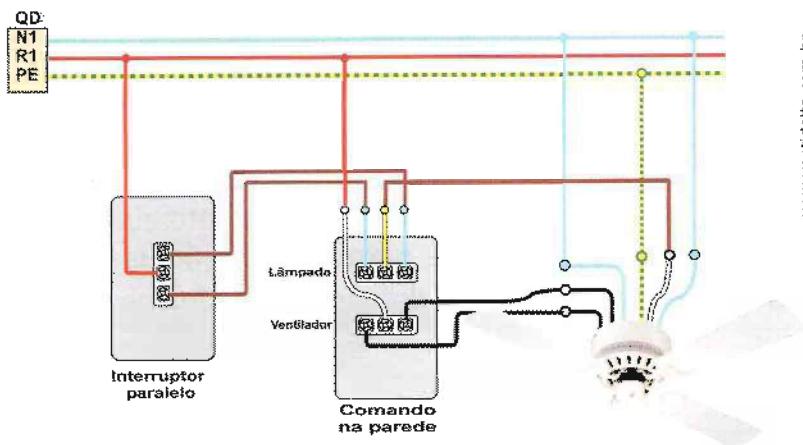


Chaves com 2 teclas - circuito para ventiladores com luminária

Comando de ventilador com interruptor paralelo

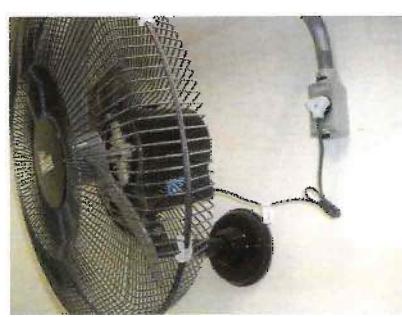
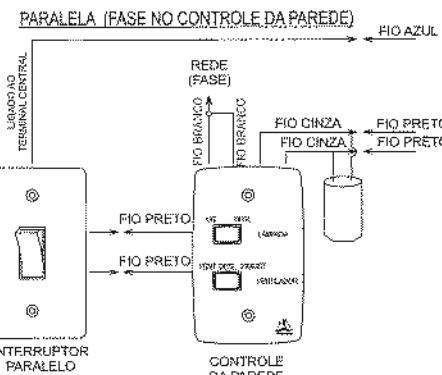
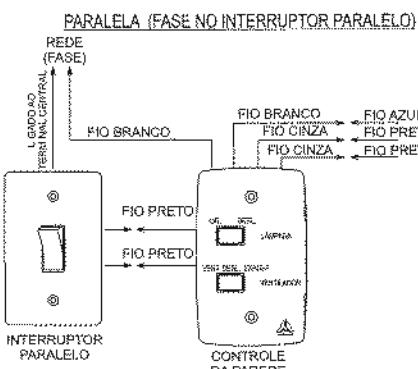


CAPACITORES
127V:- 3+7µf x 250Vac
220V:- 1,5+2,5µf x 250Vac



127V

Comando de ventilador



Ventilador de parede e controle.



Fonte: Arge

aplicando conhecimento



Portas e portões automáticos

Para maior conforto dos usuários de residências, shoppings, hotéis, lojas, etc., os sistemas automáticos de acesso se tornaram um convite à modernidade, praticidade, funcionalidade e segurança.

Portas automáticas

As portas automáticas, muito utilizadas em lojas comerciais, shoppings, supermercados, são acionadas por um sistema de sensores de presença ou detector de proximidade (feixe infravermelho ativo). Quando a pessoa se aproxima do sensor a porta se abre por um sistema elétrico acoplado à porta e se fecha automaticamente quando não há nenhuma obstrução do sensor. No caso de obstrução do feixe do sensor, a porta pára e abre novamente até o vão ser desbloqueado.



Para a instalação de portas automáticas, deve-se prever circuito exclusivo conforme determina o fabricante.



Componentes



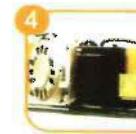
Perfis reforçados



Tampa prática com dobradiça de borracha para facilitar o acesso ao operador, sua montagem e manutenção.



Trilho de rodagem de fácil substituição para um deslizamento suave e livre de ruidos, montado sobre amortecedor de borracha.



Motores trifásicos de CA sem reduutor nem "escovinhas" para um funcionamento silencioso.



Eletrônica revolucionária microprocessador de 32 bits e tecnologia manus com ajuste independente da voltagem e freqüência.



Carro Porta Folha com 3 rodas com rolamento sem necessidade de lubrificação.



Seletor rotativo com chave de posição para total controle da porta.



Radar infravermelho detecção de movimento e presença com segurança.

Porta automática e vista interna do sistema de acionamento.

Fonte: Manus/Engenheiro

Portão automático

Quando se deseja abrir ou fechar um portão de garagem com segurança e comodidade, evitando os inconvenientes de apanhar chuva para executar essa operação, existe o sistema de automação do portão para proporcionar esse conforto aos usuários.

Automatizar o portão, ou como é comumente chamado de portão automático ou, ainda, portão eletrônico-eletromecânico, consiste em adaptar ao portão um sistema de controle eletrônico que permite comandá-lo a distância com um simples toque no dispositivo de comando.

O portão automático é constituído pelos seguintes elementos:

1. Central de comando: controla todo o sistema. É através da central que recebe e distribui a energia elétrica (em 127V ou 220V) para o receptor do controle remoto e para o motor;
2. Transmissor do controle remoto: é a parte móvel do sistema. Existem vários modelos, porém, todos funcionam com código digital que é enviado através de radiofrequência;
3. Receptor do controle remoto: é parte constituinte da central de comando. Recebe o sinal de rádiofrequência do controle remoto e o decodifica; se o código é igual ao programado pelo receptor envia um sinal para o circuito eletrônico que aciona o relé fazendo com que o motor abra ou feche o portão;
4. Motor com redutor: é o dispositivo que ao receber a alimentação do relé proveniente do sinal recebido do receptor efetua a abertura ou o fechamento do portão.
5. Cremalheira: é uma peça mecânica, dentada, para ser fixada no portão e acoplada à engrenagem do motor redutor.



Componentes de um sistema de portão automático: A-Central de controle(HDL); B-Controle remoto(HDL); C-Motor para portão deslizante(HDL); D-Motor para portão Pivotante (HDL); E e G- Motor para portão deslizante; F- Cremalheira(HDL); H- Motor para portão basculante.



Existem três tipos de portões automáticos: deslizantes, basculantes e pivotantes.



Antec.

Portões deslizantes, basculantes e pivotantes.

oficina teórica

- Defina ventiladores e explique a diferença entre os ventiladores axiais e os centrífugos.

- Como podemos conservar os ventiladores nas residências e empresas? Comente.

- Defina:
 - porta automática;

- Para a instalação do motor automático deve-se dimensionar o circuito conforme a potência do motor, prevendo pelo menos filiação de seção $2,5\text{mm}^2$, pois se trata de um circuito de força e um disjuntor exclusivo.
- Portão automático, portas automáticas, janelas automáticas, motobomba, elevadores são considerados, num projeto elétrico, como cargas especiais.



- b) portão automático.

aplicando conhecimento

Instalação elétrica para banheira de hidromassagem

As banheiras de hidromassagem apresentam muitos benefícios à saúde. A pressão e o movimento da água, numa ação dinâmica e térmica, além de exercer um fator de relaxamento para a pessoa, têm a função terapêutica.

Por isso, devido a sua importância e o aumento cada vez maior da sua utilização residencial é de fundamental importância que a instalação elétrica seja feita dentro das normas, para proporcionar segurança aos usuários.



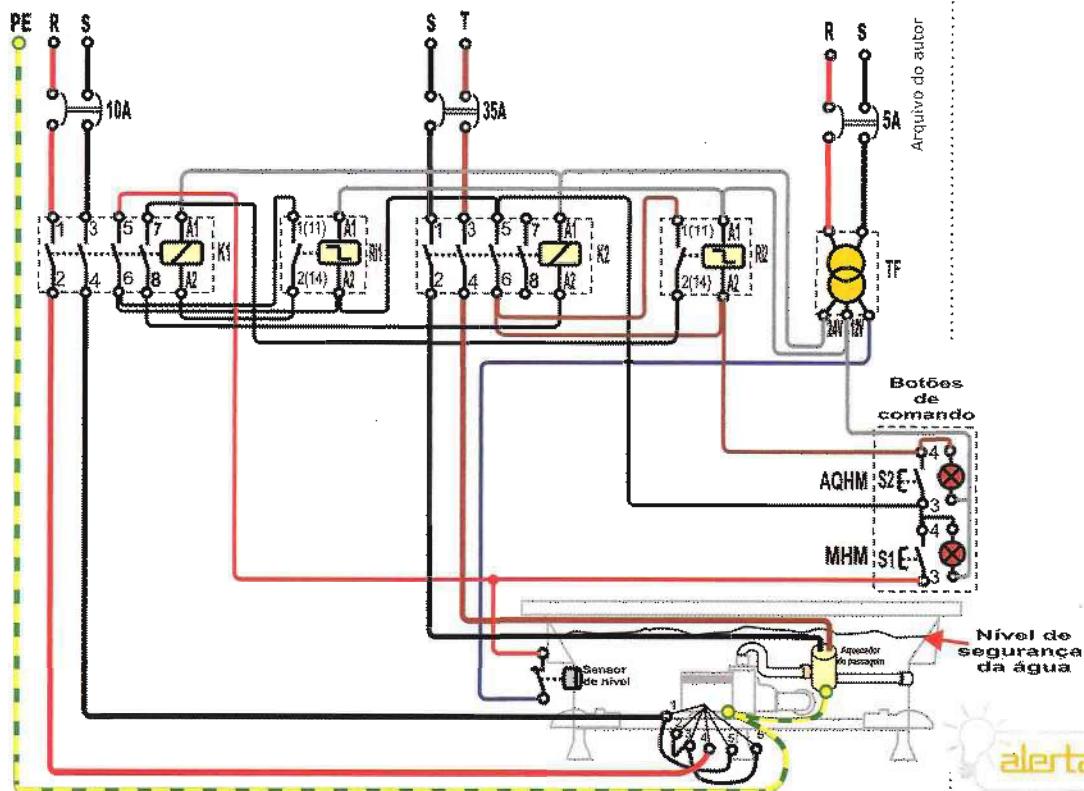
Banheira de hidromassagem.



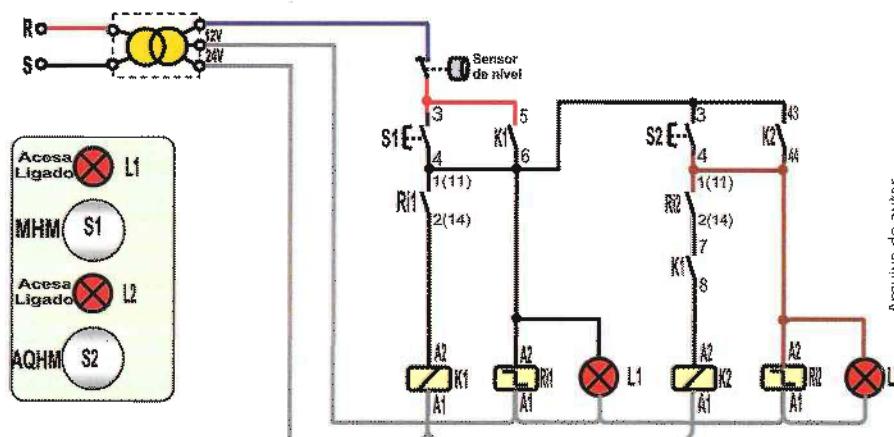
Banheira de hidromassagem.



Esquema elétrico multifilar de um comando para hidromassagem



Esquema de comando



Foi utilizado relé de impulso 12 Vca junto com os contadores para facilitar o uso de um único botão com a função de liga/desliga. No comando, o motor e o aquecedor de passagem funcionam somente quando a água da banheira estiver acima do sensor de nível. O aquecedor funciona somente quando a bomba d'água estiver em funcionamento, pelo fato de estar sendo utilizado, no comando da bomba, o contato NA 7/8 do contador (K1).



Normas

- NBR 14136:2002 – Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20³/250V em corrente alternada – Padronização.
- NBR NM 60669-1:2004 – Interruptores para instalações elétricas fixas domésticas e análogos – Parte 1: requisitos gerais.
- NBR NM 60898:2004 – Disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares.
- NBR NM 60884-1:2004 – Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo – Parte 1: requisitos gerais.
- NBR 6150:1980 – Eletroduto de PVC rígido – Especificação.
- NBR 10898:1999 – Sistema de iluminação de emergência
- NBR 15215-1:2005 – Iluminação natural – Parte 1: conceitos básicos e definições.
- NBR 15215-2:2005 – Iluminação natural – Parte 2: procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural.
- NBR 15215-3:2005 – Iluminação natural – Parte 3: procedimentos de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos.
- NBR 15215-4:2005 – Iluminação natural – Parte 4: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição.

Empresas colaboradoras

Pial-Legrand, Beticino, WEG, Copel, CEMIG, Itaipu Binacional, Termobahia, Pelton, Caterpillar, Bosch, Gedore, Ridgid, Tigre, Starret, Philips, Irmãos Abage, Osran, Helfont, Engeleisc, Novaluz, Engesul, Daesteele, Foxluz, Eric Jewell, Perlex, Siemens, Thevear, Finder, Coel, Du Pont, Termotécnica, Procobre (imagens página 216), Intelli, MTM-ABB, Unisolda-Fastweld-Esopar (imagens página 258), Clamper, Minipa, Engro, CESP, Prysmian, Faschibra, Sclineider, Merlin Gerin, Lorenzetti, Wetzel, Daisa, Eberle, Primelétrica, Autocrontrol, Tron-Aerotec, Arge, Manusa-Engevidro, HDL e Antec (imagens página 538), SXC, Morgefile, PYCJ



Referências bibliográficas

- ABNT. **Instalações elétricas em baixa tensão.** NBR - 5410.
- _____. **Recebimento, Instalação e manutenção de transformadores de distribuição imersos em líquidos isolantes.** NBR-6234 e 7037 de dezembro de 1981.
- ABNT. **Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.** NBR - 5419.
- ALMEIDA, José Luiz Antunes de. **Dispositivos semicondutores: tiristores.** São Paulo: Érica, 1996.
- ALMEIDA, Jason E. de. **Motores elétricos: manutenção e testes.** São Paulo: Hemus Editora Limitada, 1995.
- _____. **Motores elétricos.** São Paulo: Hemus Editora Limitada, 1995.
- ANDER-EGG, Ezequiel. **Introdução ao trabalho social.** Vozes, 1995.
- BOLLMANN, Arno. **Fundamentos da automação industrial pneumática.** São Paulo: ABHP, 1997.
- BONOCORSO, Nelson G; NOLL, Valdir. **Automação eletropneumática.** São Paulo: Érica, 1997.
- BOYLESTAD, Robert L. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos.** Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1998.
- _____. **Introdução à análise de circuitos.** Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1998.
- CARDELLA, Benedito. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes.** Atlas, 1999.
- CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais.** 16. ed. Editora Érica, São Paulo, 1998.
- ELETROBRÁS. **Planejamento de sistemas de distribuição.** 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1986.
- ELETRICIDADE MODERNA. Wikipédia. Globo Ciência. **Feiradaciência.**
- FUCHS, R. D. **Transmissão de energia elétrica.** v.1. LTC/EFEI. v. 2.1977.
- GARCIA JUNIOR, Ervaldo. **Luminotécnica.** 2. ed. São Paulo: Érica, 1996.
- HELFRIK, Albert D; COOPER, Willian D. **Instrumentação eletrônica moderna e técnicas de medição.** Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1994.
- HELLER, Robert. **Como liderar reuniões.** Série Sucesso Profissional. Publifolha, 1999.

- _____. **Como fazer apresentações.** Série Sucesso Profissional. Publifolha, 1999.
- IDOETA, Ivan V; CAPUANO, Francisco G. **Elementos de eletrônica digital.** 27. ed. São Paulo: Érica, 1998.
- KOSOW, Irving L. **Máquinas elétricas e transformadores.** São Paulo: Globo, 1995.
- LEITE, Carlos Moreira. **Técnicas de aterramento elétrico.** São Paulo: Officina de Mydia Editora, 2000.
- LOURENÇO, Antônio Carlos. **Circuitos digitais.** São Paulo: Érica, 1996.
- MALVINO, Albert Paul. **Eletônica.** v.1. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 1995.
- _____. **Eletônica.** v. 2. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 1995.
- MARTIGNONI, Alfonso. **Máquinas de corrente alternada.** São Paulo: Globo, 1995.
- _____. **Transformadores.** São Paulo: Globo, 1991.
- Manuais de legislação:** segurança e medicina do trabalho. 3. ed. Atlas, 1997.
- MAMEDE Filho, João. **Instalações elétricas industriais.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- MARQUES, Eduardo Ângelo B. **Dispositivos semicondutores: diodos e transistores.** São Paulo: Érica, 1996.
- MEDEIROS Filho, Sólon de. **Fundamentos de medidas elétricas.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1981.
- _____. **Medição de energia elétrica.** Rio de Janeiro. LTC, 1997.
- NATALE F. **Automação industrial.** 3. ed. São Paulo: Érica, 2000.
- NISKIER, Júlio; MACINTYRE, A. J. **Instalações elétricas.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1992.
- OLIVEIRA, José Carlos; COGO, João Roberto. **Transformadores: teorias e ensaios.** São Paulo: Edgard Blucher, 1984.
- PAPENKORT, Franz. **Diagramas elétricos de comando e proteção.** São Paulo: EPU, 1989.
- SLACK, N. et al. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 1996.
- STEVENSON JR., W.D. **Elementos de análise de sistemas de potência.** São Paulo: MacGraw-Hill do Brasil Ltda, 1998.
- SMITH, Willian F. **Princípios de ciência e engenharia dos materiais.** São Paulo: MacGraw-Hill, 1998.
- VIEIRA, Jair L. **Segurança e medicina do trabalho.** Edipro, 1992.
- VAN VLACK, Lawrence Hall. **Ciências e tecnologia dos materiais.** São Paulo: Edgard Blucher, 1970.
- XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva.** Belo Horizonte: DG, 1998.

CURSO TÉCNICO

em

ELETROTÉCNICA

MÓDULO 1 – CERTIFICAÇÃO

ELETRICISTA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS

-
- LIVRO 1 MATEMÁTICA
 - LIVRO 2 DESENHO TÉCNICO
 - LIVRO 3 ELETRICIDADE BÁSICA
 - LIVRO 4 SEGURANÇA DO TRABALHO
 - LIVRO 5 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS – TEORIA & PRÁTICA
 - LIVRO 6 INFORMÁTICA APLICADA À ELETROTÉCNICA (CAD)
 - LIVRO 7 PROJETOS ELÉTRICOS PREDIAIS
-

MÓDULO 2 – CERTIFICAÇÃO

ELETRICISTA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAS

-
- LIVRO 8 ELETROMAGNETISMO
 - LIVRO 9 ESPECIFICAÇÃO E APLICAÇÃO DE MATERIAIS
 - LIVRO 10 CIRCUITOS E MEDIDAS ELÉTRICAS
 - LIVRO 11 PROJETOS ELÉTRICOS INDUSTRIAS
 - LIVRO 12 ACIONAMENTOS ELETROMAGNÉTICOS
 - LIVRO 13 REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E SUBESTAÇÕES
-

MÓDULO 3 – CERTIFICAÇÃO

ELETRICISTA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

-
- LIVRO 14 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
 - LIVRO 15 TRANSFORMADORES E MÁQUINAS ELÉTRICAS GIRANTES
 - LIVRO 16 ENSAIOS E MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS ELÉTRICAS
 - LIVRO 17 GESTÃO DA MANUTENÇÃO
-

MÓDULO 4 – CERTIFICAÇÃO

SUPERVISOR EM MANUTENÇÃO E INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

-
- LIVRO 18 ACIONAMENTOS ELETROPNEUMÁTICOS
 - LIVRO 19 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS (CLPs)
 - LIVRO 20 ELETRÔNICA APLICADA
-

MÓDULO 5 – DIPLOMA

TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA

-
- LIVRO 21 ESTÁGIO
-



Base Livros Didáticos Ltda.
Rua Antônio Martin de Araújo, 343 – Jardim Botânico
CEP 80210-050 – Curitiba – PR – Fone/Fax: (41) 3264-1209
E-mail: basedidaticos@basedidaticos.com.br
www.basedidaticos.com.br



9 788560 228928