**Figura 2.63**

Esquema funcional da tomada de três polos.

Tomada-padrão no Brasil

O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) estabeleceu, por meio da Portaria nº 85, de 3 de abril de 2006, a certificação compulsória do plugue e tomada-padrão em conformidade com a norma NBR 14136 da ABNT. Atualmente existe apenas um modelo de tomada fixa no Brasil (2P+T para 10 A e 20 A), além de plugues e tomadas móveis do tipo 2P e 2P+T, todos munidos de pinos e contatos redondos (figura 2.64).

Figura 2.64

Tomada-padrão no Brasil: pontos de tomadas em um único local (conforme NBR 14136).



Capítulo 3

Projetos de instalações elétricas residenciais



Os fabricantes de eletrodomésticos e eletroeletrônicos vêm desenvolvendo inúmeros modelos para diferentes finalidades. Alguns aparelhos apresentam baixo consumo; outros, em razão de sua potência elevada, requerem que a rede elétrica esteja corretamente dimensionada. Dessa maneira, é de suma importância que a elaboração de projetos de instalações elétricas possibilite o fornecimento de energia adequado e seguro para o consumidor.

De modo geral, um projeto de instalação elétrica seguro deve levar em conta:

- O cumprimento das normas técnicas específicas da ABNT e da concessionária local fornecedora de energia.
- A qualidade dos materiais e dispositivos empregados.
- O modo de utilização.
- A manutenção preventiva e corretiva.

Um projeto de instalação elétrica é composto por diferentes fases. Na fase preliminar, uma das etapas de maior importância refere-se ao dimensionamento dos materiais e à especificação dos dispositivos elétricos a serem utilizados. Além disso, o projeto deve possibilitar a otimização do sistema e garantir a existência de diagramas que representem fielmente a localização de todos os circuitos alimentadores, eletrodutos, dispositivos de proteção, pontos de iluminação e de tomadas, de modo a reduzir o tempo e o custo de manutenção corretiva ou preventiva.

Essa fase preliminar tem de ser realizada em conjunto com o dono da casa e com os demais profissionais envolvidos na obra. Nessa etapa, é importante entender as necessidades do proprietário em relação à instalação de equipamentos e sistemas elétricos e avaliar se estão de acordo com as normas que regulamentam as instalações elétricas. As plantas da edificação devem estar disponíveis para consulta do projetista e dos demais profissionais.

As etapas de um projeto de instalação elétrica residencial seguem a norma NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão e a Norma Técnica Unificada 01 (NTU 01). Para entendermos as orientações de ambas as normas, vamos considerar a residência representada na planta baixa da figura 3.1.



Figura 3.1
Planta baixa residencial.

Depois de conhecer as necessidades do proprietário e confrontá-las com as especificações das normas técnicas, a etapa seguinte é calcular a área e o perímetro de cada dependência, incluindo qual aparelho será instalado em cada cômodo da residência; a tabela 3.1 prevê aparelhos no banheiro e na cozinha.

Cômodo	Dimensões (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	Aparelho elétrico
Sala	4,20 e 3,00	12,60	14,40	
Quarto	4,50 e 2,50	11,25	14,00	
Banheiro	2,50 e 1,30	3,25	7,60	Chuveiro 6 400 W
Cozinha	3,00 e 2,50	7,50	11,00	Torneira 4 400 W
Área de serviço	3,00 e 1,50	4,50	9,00	

Tabela 3.1
Dimensões, área e perímetro dos cômodos.

- Exemplo de cálculo de área e perímetro: (Sala)

$$\text{Área} = b \cdot h \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{Área} = 4,20 \cdot 3,00 = 12,60 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro} = b + b + h + h = 2b + 2h \text{ [m]}$$

$$\text{Perímetro} = 2 \cdot 4,20 + 2 \cdot 3,00 = 14,40 \text{ m}$$



A seguir, é feita a previsão de carga de iluminação, tomadas, chuveiro e demais aparelhos. Ressalte-se que as normas técnicas cabíveis têm de ser obedecidas para que não ocorra super ou subdimensionamento das instalações.

A conexão do aquecedor elétrico de água ao ponto de utilização deve ser direta, ou seja, sem o uso de tomada de corrente.

Para estabelecer a potência de pontos específicos, deve-se atribuir a potência nominal do aparelho que será instalado em cada cômodo. Retomando a tabela 3.1, no banheiro está previsto chuveiro elétrico de 6 400 W e na cozinha, **torneira elétrica** de 4 400 W.

Levando em conta as recomendações das normas, é possível determinar a potência necessária para cada cômodo e o número de pontos de iluminação, conforme os itens a seguir:

- Área inferior ou igual a 6 m²: mínimo de 100 VA e um ponto de luz.
- Área superior a 6 m²: 100 VA para os primeiros 6 m² e 60 VA para cada 4 m² restantes.
- Área inferior 4 m²: nenhuma potência.

Para potência de iluminação superior a 250 VA, recomenda-se mais de um ponto de luz.

Tabela 3.2

Potência e pontos de luz em cada cômodo.

Com base nessas informações e efetuando os cálculos, obtêm-se os dados da tabela 3.2.

Cômodo	Área (m ²)	Cálculo	Potência atribuída (VA)	Potência de iluminação (VA)	Nº pontos de luz
Sala	12,60	6,00 + 4,00 + 2,60	100 + 60 + 0	160	01
Quarto	11,25	6,00 + 4,00 + 1,25	100 + 60 + 0	160	01
Banheiro	3,25	< 6,00	100	100	01
Cozinha	7,50	6,00 + 1,50	100 + 0	100	01
Área de serviço	4,50	< 6,00	100	100	01

As tomadas de uso industrial devem ser conforme IEC 60309-1 (item 6.5.3.1 da NBR5410/2004).

O dimensionamento dos pontos de tomada também deve obedecer à norma NBR 5410:2004. Todas as tomadas de corrente fixas das instalações têm de ser do tipo com contato de aterramento (PE). As de uso **residencial** e análogo seguem as normas NBR NM 60884-1 (antiga NBR 6147) e NBR 14136. Um ponto de tomada pode conter uma ou mais tomadas de corrente.

A previsão do número de pontos de tomada é a seguinte (NBR 5410:2004, item 9.5.2.2.1):

a) Banheiros: independentemente da área, no mínimo um ponto de tomada próximo ao lavatório, com distância de pelo menos 60 cm do boxe.

b) Cozinhas, copas, copas-cozinha, áreas de serviço, lavanderias e dependências semelhantes: no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro; acima da bancada da pia, devem ser previstas pelo menos duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos separados.

c) Varandas: no mínimo um ponto de tomada. Admite-se que o ponto não seja instalado na própria varanda, mas próximo a seu acesso, quando, por razões construtivas, a varanda não comportar o ponto de tomada, for menor que 2 m² ou apresentar profundidade inferior a 0,80 m.

d) Salas e quartos: um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, devendo os pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

e) Demais cômodos e dependências de habitação:

- Área igual ou inferior a 2,25 m²: no mínimo um ponto de tomada, que pode ser posicionado externamente ao cômodo ou dependência a no máximo 0,80 m de sua porta de acesso.
- Área superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6,00 m²: no mínimo um ponto de tomada.
- Área superior a 6 m²: um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, devendo os pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

Para *halls* de serviço, salas de manutenção e salas de equipamentos, tais como casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada de uso geral, com potência de no mínimo 1.000 VA (item 4.1.- “b”). Nos *halls*, corredores, subsolos, garagens, sótãos e varandas teremos pelo menos uma tomada, com potência de no mínimo 100 VA.

Quanto à potência das tomadas, a norma NBR 5410:2004, item 9.5.2.2.2, estabelece:

a) Banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinha, áreas de serviço, lavanderias e dependências semelhantes: no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três, e 100 VA por ponto excedente. Caso o número total de tomadas seja superior a seis, admite-se para critério de distribuição de potências: 600 VA nos dois primeiros pontos e 100 VA nos excedentes.

b) Varandas, salas, quartos e demais cômodos e dependências: no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

A tabela 3.3 apresenta o número de pontos de tomada e a potência dos cômodos da residência do exemplo. A fração de perímetro contabiliza mais um ponto de tomada.



Cômodo	Área (m ²)	Norma	Perímetro (m)	Potência atribuída (VA)	Nº de pontos de tomada	Potência (VA)	Potência total (VA)
Sala	12,60	> 6,00 m ²	14,40	÷5 m = 2 + fração (0,88)	3	100	300
Quarto	11,25	> 6,00 m ²	14,00	÷5 m = 2 + fração (0,80)	3	100	300
Banheiro	–	–	–	600	1	600	600
Cozinha	–	–	11,00	÷3,5 = 3 + fração (0,14)	3 1	600 100	1 900
Área de serviço	–	–	9,00	÷3,5 = 2 + fração (0,57)	3	600	1 800

Tabela 3.3

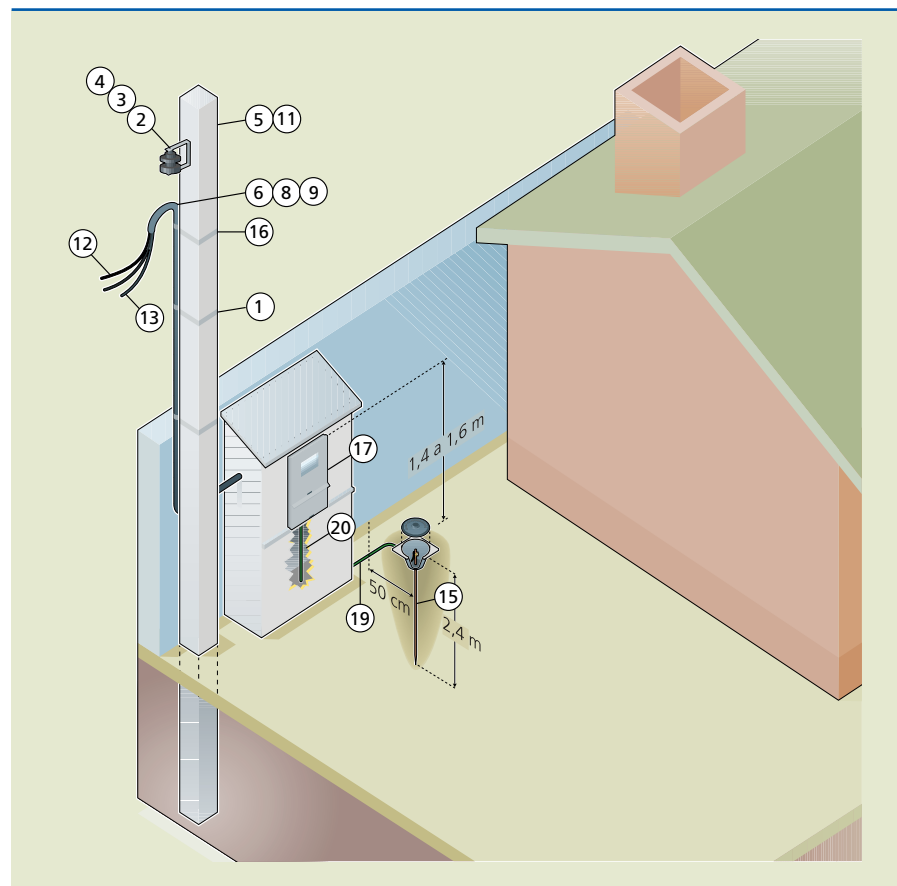
Pontos de tomada e potência de cada cômodo.

3.1 Padrão de entrada

Padrão de entrada é o conjunto de componentes que devem ser instalados conforme o tipo de fornecimento solicitado e a especificação das normas técnicas da concessionária local. A especificação dos componentes do exemplo da figura 3.2 está detalhada na tabela 3.4.

Figura 3.2

Exemplo de padrão de entrada bifásica no muro (carga instalada maior que 12 kW até 25 kW), especificando cada um dos componentes, bem como a montagem da caixa-padrão e o aterramento.



1. Poste de 7,5 m de altura
2. Armação secundária de um estribo
3. Haste para armação secundária 155 mm
4. Isolador roldana
5. Arruela redonda furo 14 mm
6. Eletroduto de PVC rígido rosqueável 4,0 m
8. Luva de emenda PVC
9. Curva de PVC 135 graus
11. Parafuso máquina 12 · 150 mm
12. Cabo de cobre isolado – 750 V preto
13. Cabo de cobre isolado – 750 V azul-claro
15. Haste terra 2,4 m, cobreada
16. Arame de aço 14 BWG
17. Caixa de medição tipo II
19. Fio de cobre nu
20. Eletroduto para aterramento

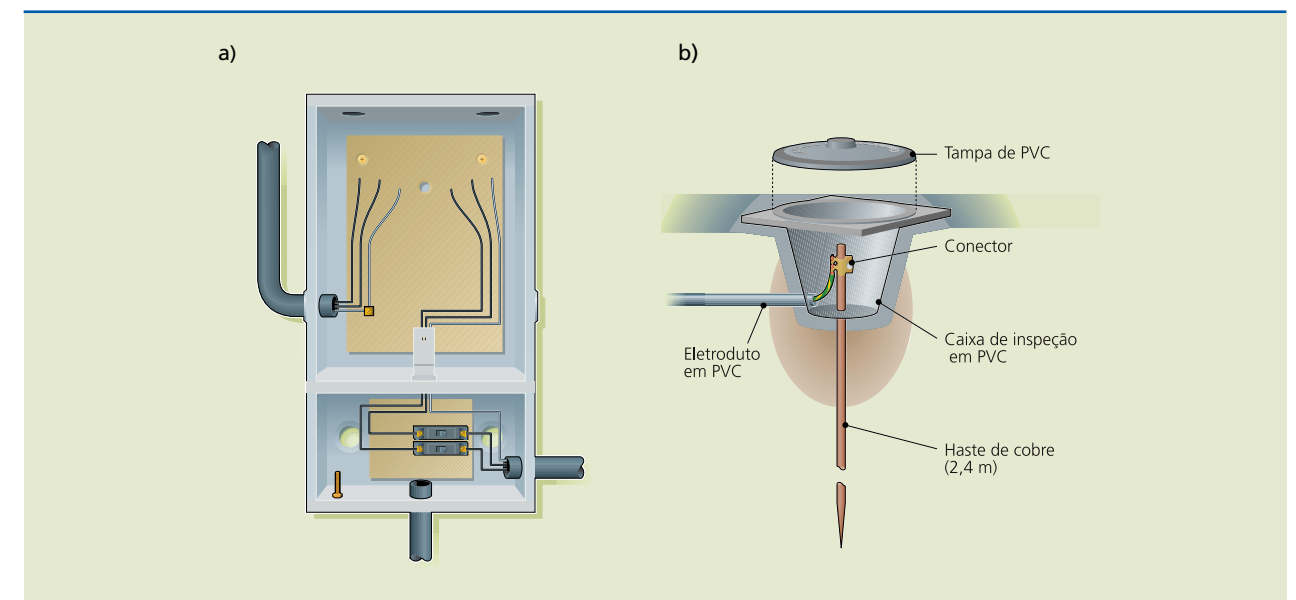
Tabela 3.4

Especificação dos componentes da figura 3.2.

Figura 3.3

Vamos continuar os cálculos de dimensionamento, agora partindo da caixa de medição tipo II. A figura 3.3 apresenta detalhes técnicos desse componente.

(a) Vista interna da caixa de medição e (b) montagem da caixa de inspeção de aterramento.



Para seleccionar o modelo correto da caixa de entrada, é preciso seguir certas orientações (tabela 3.5).

Tabela 3.5

Dimensionamento do ramal de entrada (tensão 127/220V).

FN = fase - neutro
FF = fase - fase

Símbolo de decanewton = 10 N

Categoria	Carga instalada - C (kW)	Limitação dos motores (cv)		Cabo (mm ²)	Caixa	Disjuntor (A)	Eletroduto (mm [pol])	Aterramento		Postes	
		FN	FF					Con- dutor (mm ²)	Ele- troduto (mm [pol])	Tubular de aço: diâmetro exterior · espessura (mm)	Concreto (daN)
B1	12 < C < 18	2	3	16	II	60	32 [1]	10	20 (1/2)	101,6 · 5,0	90
B2	18 < C < 25		5	25		70	40 [1 ¹⁴]				

3.1.1 Dimensionamento do padrão de entrada

Para realizar o dimensionamento, é necessário calcular a carga instalada e posteriormente determinar o tipo de fornecimento e a demanda de corrente e de potência.

A corrente de demanda da instalação é utilizada para o dimensionamento da entrada consumidora. As exigências mínimas para o fornecimento de energia elétrica constam na NTU 01 ou outra específica da região.

Tabela 3.6

Quadro de previsão de cargas para os cômodos de uma residência.

Voltando à residência do exemplo, para a qual já foi feita a previsão de pontos de iluminação e de tomada, é possível agora obter o quadro de previsão de cargas, conforme mostra a tabela 3.6.

Cômodo	Potência dos pontos de iluminação		Potência dos pontos de tomada			Potência de pontos específicos (W)
	Pontos	Potência (VA)	Quantidade	Potência (VA)	Potência total (VA)	
Sala	1	160	3	100	300	–
Quarto	1	160	3	100	300	–
Banheiro	1	100	1	600	600	Chuveiro elétrico 6 400
Cozinha	1	100	4	3 · 600 + 1 · 100	1 900	Torneira elétrica 4 400

Cômodo	Potência dos pontos de iluminação		Potência dos pontos de tomada			Potência de pontos específicos (W)
	Pontos	Potência (VA)	Quantidade	Potência (VA)	Potência total (VA)	
Área de serviço	1	100	3	3 · 600	1 800	–
Total	–	620	–	–	4 900	10 800

Nos projetos elétricos residenciais aplicam-se os valores de **fator de potência** conforme a tabela 3.7.

A potência ativa é uma parcela da potência aparente. Chamamos de fator de potência (FP) a relação:

$$FP = \frac{\text{potência ativa}}{\text{potência aparente}}$$

Tipo de circuitos	FP	
Iluminação incandescente	1,0	
Iluminação fluorescente	Com starter: 18 W a 65 W	0,5
	Partida rápida: 20 W a 110 W	0,5
	Partida instantânea: 20 W a 40 W	0,5
Pontos de tomada	0,8	

Tabela 3.7

Fator de potência (FP) para algumas lâmpadas incandescentes, fluorescentes e tomadas.

Após a previsão de cargas, é preciso determinar a potência aparente total de iluminação e a potência aparente total dos pontos de tomada. Para isso, aplica-se o fator de potência (FP) para correção:

$$P_{\text{ativa}} = P_{\text{aparente}} \cdot FP$$

A unidade de medida é o watt (W).

Aplicando o FP, obtêm-se os dados da tabela 3.8.

Tipo	Paparente (VA)	Fator de potência (cosφ)	P _{ativa} (W)
Iluminação	620	1,0	620
Pontos de tomada	4 900	0,8	3 920
Pontos específicos	–	–	10 800

Tabela 3.8

Determinação da potência ativa para alguns pontos de uso.



A potência ativa total é o somatório das potências ativas de iluminação, pontos de tomada e pontos específicos. Portanto:

$$P_{\text{ativa total}} = 620 + 3920 + 10800 = 15340 \text{ W}$$

Com base no valor obtido, deve-se consultar a concessionária para verificar o tipo de fornecimento e a tensão do padrão de entrada a considerar. No caso da AES, as modalidades de fornecimento, de acordo com os sistemas delta e estrela, são:

- Até 5 kW (delta) e até 12 kW (estrela) – Modalidade A – Fornecimento monofásico: feito a dois fios (uma fase e um neutro).
- Acima de 5 kW (delta) e até 20 kW (estrela) – Modalidade B – Fornecimento bifásico: feito a três fios (duas fases e um neutro).
- Acima de 20 kW (estrela – aéreo ou subterrâneo) e no delta somente quando houver equipamento trifásico, motores ou aparelhos – Modalidade C – Fornecimento trifásico: feito a quatro fios (três fases e um neutro).

Em nosso exemplo, como $P_{\text{ativa total}} = 15340 \text{ W}$, a modalidade de fornecimento é a B.

Com relação ao nível de tensão de distribuição secundária, observam-se os seguintes valores nominais, conforme configuração do secundário do transformador de distribuição da região:

- 127/220 V: para o secundário em estrela aterrado (valores de fase e de linha).
- 115/230 V: para o secundário em delta aberto ou delta fechado (delta com neutro), utilizado pela Eletropaulo (valor entre fase e neutro e entre fases).
- 220 V: para secundário em estrela isolado, utilizado pela Eletropaulo no suprimento de alguns municípios, como Santos e Cubatão.
- Na zona subterrânea de distribuição da AES, os níveis padronizados são de 120/208 V (valores de fase e de linha).

Os valores das tensões dependem do sistema de fornecimento da região. Esse dimensionamento é fornecido pela concessionária de energia elétrica, por isso o profissional deve ficar atento às condições exigidas pela concessionária local para satisfazer os critérios técnicos impostos por ela em relação às especificações dos componentes da instalação de entrada (cabos elétricos, eletrodutos, poste, disjuntor e caixa de medição). Em nosso exemplo, consideram-se as informações da CPFL (ver figura 3.2 e tabela 3.4).

Antes de realizar o dimensionamento dos condutores alimentadores e respectivos dispositivos de proteção, é preciso entender alguns conceitos:

- **Demanda** – É a potência elétrica, em kW, requisitada por determinada carga instalada.
- **Potência instalada** – É a soma das potências nominais de todos os aparelhos que compõem uma instalação ou sistema.

- **Potência de demanda, potência de alimentação ou provável demanda** – É a máxima demanda instalada aplicada a seu respectivo fator de demanda (tabelas 3.9 e 3.10).

Potências de iluminação e Σ PI (W)				FD	
1 000	<	PI	≤	2 000	0,75
2 000	<	PI	≤	3 000	0,66
3 000	<	PI	≤	4 000	0,59
4 000	<	PI	≤	5 000	0,52
5 000	<	PI	≤	6 000	0,45
6 000	<	PI	≤	7 000	0,40
7 000	<	PI	≤	8 000	0,35
8 000	<	PI	≤	9 000	0,31
9 000	<	PI	≤	10 000	0,27
10 000	<	PI			0,24

Tabela 3.9

Fator de demanda (FD) para Σ potência de iluminação e pontos de tomada.

Nº de circuitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FD	1,00	1,00	0,84	0,76	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,49	0,48

Tabela 3.10

Fator de demanda (FD) para potência dos pontos de utilização (específicos).

Apenas para o caso de residências individuais aplicam-se os valores da tabela 3.9, usados para determinação do fator de demanda de cargas de iluminação e pontos de tomada. Assim, a provável demanda é calculada por:

$$PD = (g \cdot P_1) + P_2 \quad (3.1)$$

em que:

- PD é a provável demanda, potência de alimentação ou potência de demanda.
- P_1 , o somatório das potências nominais atribuídas aos pontos de tomadas + iluminação (W).
- P_2 , o somatório das potências nominais atribuídas aos pontos de utilização (W).
- g, o fator de demanda conforme a tabela 3.9, entrando com P_1 na tabela.



Em nosso exemplo, temos:

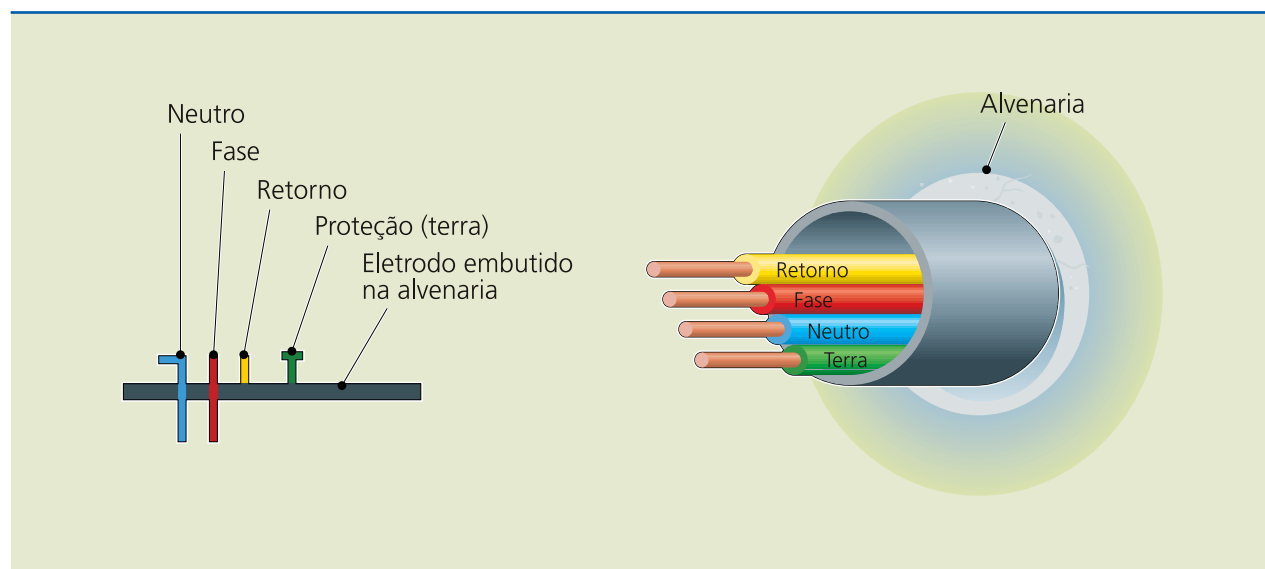
- $P_1 = 620 + 3920 = 4540 \text{ W}$; pela tabela 3.9, $g = 0,52$.
- $P_2 = 6400 + 4400 = 10800 \text{ W}$; pela tabela 3.10, $g = 1,00$ (corresponde a dois pontos: chuveiro e torneira elétricos).

Então:

$$PD = (0,52 \cdot 4540) + 10800 = 2360,80 + 10800 = 13160,80 \text{ W}$$

Portanto, a provável demanda é 13 160,80 W. Esse é o valor usado para dimensionar os condutores do circuito de distribuição (condutores que interligam o quadro de medição ao quadro de distribuição) aplicando o fator de utilização, que é estabelecido em 0,95 (figura 3.4).

Figura 3.4
Condutores elétricos em eletroduto fechado.



O dimensionamento dos condutores é uma etapa muito importante. Para isso, é necessário calcular a seção nominal capaz de permitir a passagem da corrente elétrica sem que ocorra aquecimento excessivo e que siga a tensão determinada nas normas específicas.

Segundo a norma NBR5410:2004, item 6.2.6.1.2, os condutores devem atender aos seguintes critérios:

- capacidade de condução de corrente dos condutores igual ou superior à corrente de projeto do circuito, incluindo as componentes harmônicas, afetadas dos fatores de correção aplicáveis (fator de correção de temperatura e fator de correção de agrupamento);
- proteção contra sobrecarga;
- proteção contra curto-circuito e solitação térmica;

d) proteção contra choques elétricos por seccionamento automático dos esquemas de aterramento TN e IT, quando pertinente;

e) limites de queda de tensão;

f) seções mínimas conforme mostra a tabela 3.11.

Tabela 3.11

Seção mínima dos condutores de cobre (Cu) e alumínio (Al) ditada por razões mecânicas (tabela 47 da norma NBR 5410:2004).

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor (mm ² – material)
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força ⁽¹⁾	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ⁽²⁾
	Condutores nus	Circuitos de força	10 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Linhas flexíveis com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu ⁽³⁾
		Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu

(1) Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força.

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

(3) Em cabos multipolares flexíveis com sete ou mais veias, é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

Os condutores utilizados em uma instalação residencial devem ser dimensionados levando em conta: a máxima capacidade de condução de corrente elétrica, o limite da queda de tensão admissível, a sobrecarga e o curto-circuito.

A norma NBR5410:2004, item 6.2.5, fornece uma série de recomendações para proteger os condutores e suas isolações submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação de corrente.

Em instalações elétricas residenciais, normalmente, a distância entre o quadro medidor e o quadro de distribuição, assim como do quadro de distribuição até a carga, é pequena. Isso significa que o critério de limite da queda de tensão não é determinante no dimensionamento desses condutores. No entanto, caso a distância seja grande, como em instalações prediais e industriais, é preciso



considerar os limites admissíveis de queda de tensão e dimensioná-los de acordo com a norma NBR 5410:2004.

A queda de tensão verificada em ponto de utilização da instalação não deve ser superior aos seguintes valores, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação (NBR 5410:2004, item 6.2.7):

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

Como vimos, existem limitações quanto à temperatura de trabalho dos condutores. A tabela 3.12 apresenta essas limitações de acordo com o tipo de isolamento do condutor.

Tabela 3.12

Temperaturas características dos condutores (tabela 35 da norma NBR 5410:2004).

Fonte: ABNT

Tipo de isolamento	Temperatura máxima para serviço contínuo – condutor (°C)	Temperatura limite de sobrecarga – condutor (°C)	Temperatura limite de curto-circuito – condutor (°C)
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm ²	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm ²	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Outra questão importante é o método de instalação do condutor, pois isso influencia a troca térmica entre os condutores e o ambiente e, conseqüentemente, a capacidade de condução de corrente do condutor.

Os métodos de instalação do condutor, também denominados métodos de referência, são os seguintes (NBR 5410:2004, item 6.2.5.1.2):

- A1: condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante.
- A2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante.
- B1: condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira.
- B2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira.
- C: cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira.
- D: cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo.
- E: cabo multipolar ao ar livre.
- F: cabos unipolares justapostos (na horizontal, na vertical ou em trifólio) ao ar livre.
- G: cabos unipolares espaçados ao ar livre.

Vale observar que:

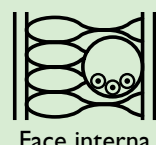
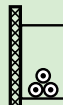
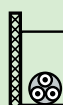
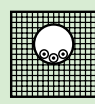
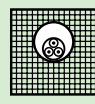
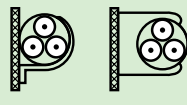
1. Nos métodos A1 e A2, a parede é formada por uma face externa estanque, isolamento térmica e uma face interna em madeira ou material análogo com condutância térmica de no mínimo 10 W/m² · K. O eletroduto, metálico ou de plástico, é fixado junto à face interna (não necessariamente em contato físico com ela).
2. Nos métodos B1 e B2, o eletroduto, metálico ou de plástico, é montado sobre uma parede de madeira, sendo a distância entre o eletroduto e a superfície da parede inferior a 0,3 vez o diâmetro do eletroduto.
3. No método C, a distância entre o cabo multipolar, ou qualquer cabo unipolar, e a parede de madeira é inferior a 0,3 vez o diâmetro do cabo.
4. No método D, o cabo é instalado em eletroduto (seja metálico, de plástico ou de barro) enterrado em solo com resistividade térmica de 2,5 K · m/W, a uma profundidade de 0,7 m.
5. Nos métodos E, F e G, a distância entre o cabo multipolar, ou qualquer cabo unipolar, e qualquer superfície adjacente é de no mínimo 0,3 vez o diâmetro externo do cabo, para o cabo multipolar, ou no mínimo uma vez o diâmetro do cabo, para os cabos unipolares.
6. No método G, o espaçamento entre os cabos unipolares é de no mínimo uma vez o diâmetro externo do cabo.

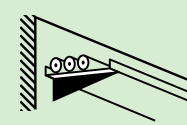
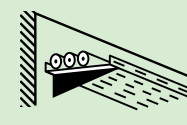
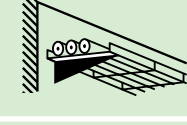
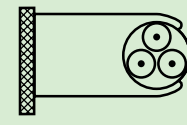
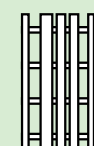
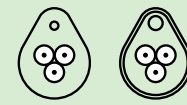

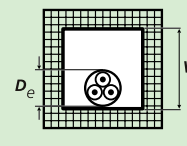
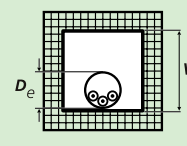
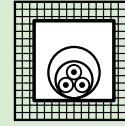
Esses métodos de instalação são indicados pela norma IEC 60364-5-52, para os quais a capacidade de condução de corrente elétrica foi determinada por ensaio ou cálculo. Para obter a capacidade de condução de corrente, é preciso saber o método de referência no qual se enquadra o método de instalação, como mostra a tabela 3.13.



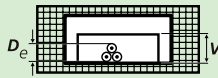
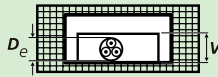
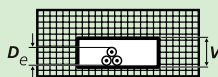
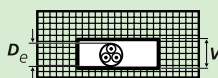
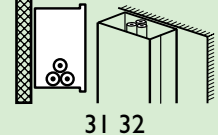
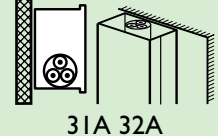
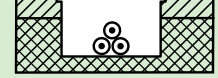

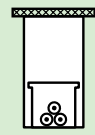
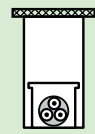
Tabela 3.13

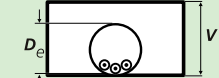

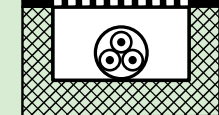
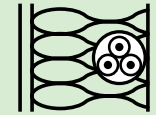
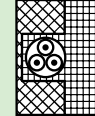


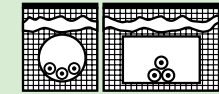
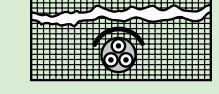
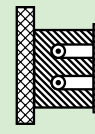
Tipos de linhas elétricas (tabela 33 da norma NBR 5410:2004). Fonte: ABNT

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Métodos de referência ⁽¹⁾
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ⁽²⁾	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ⁽²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Métodos de referência ⁽¹⁾
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não perfurada, perfilado ou prateleira ⁽³⁾	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical ⁽⁴⁾	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha amamada ou tela	E (multipolar) F (unipolares)
15		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	E (multipolar) F (unipolares)
16		Cabos unipolares ou cabo multipolar em leito	E (multipolar) F (unipolares)
17		Cabos unipolares ou cabo multipolar suspenso(s) por cabo de suporte, incorporado ou não	E (multipolar) F (unipolares)
18		Condutores nus ou isolados sobre isoladores	G
21		Cabos unipolares ou cabos multipolares em espaço de construção ⁽⁵⁾ , sejam eles lançados diretamente sobre a superfície do espaço de construção, sejam instalados em suportes ou condutos abertos (bandeja, prateleira, tela ou leito) dispostos no espaço de construção ⁽⁵⁾⁽⁶⁾	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1
22		Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção ⁽⁵⁾⁽⁷⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
23		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção circular em espaço de construção ⁽⁵⁾⁽⁷⁾	B2



Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Métodos de referência ⁽¹⁾
24		Condutores isolados em eletroduto de seção não circular ou eletrocalha em espaço de construção ⁽⁵⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
25		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não circular ou eletrocalha em espaço de construção ⁽⁵⁾	B2
26		Condutores isolados em eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria ⁽⁶⁾	$1,5 \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1
27		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria	B2
31 32		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal e vertical	B1
31A 32A		Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal e vertical	B2
33		Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada embutida no piso	B1
34		Cabo multipolar em canaleta fechada embutida no piso	B2
35		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)	B1
36		Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)	B2

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



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

- (1) Método de referência a ser utilizado na determinação da capacidade de condução de corrente.
- (2) O revestimento da parede possui condutância térmica de no mínimo 10 W/m² · K.
- (3) Admitem-se também condutores isolados em perfilados, desde que sejam obedecidos os preceitos do item 6.2.11.4.1 da norma NBR 5410:2004:
 “Nas canaletas instaladas sobre paredes, em tetos ou suspensas e nos perfilados, podem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares. Os condutores isolados só podem ser utilizados em canaletas ou perfilados de paredes não perfuradas e com tampas que só possam ser removidas com auxílio de ferramenta.
- NOTA: 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 qualificadas (BA5), conforme tabela 18 [da norma NBR 5410:2004; aqui, tabela 3.14]; ou
 b) sejam instalados a uma altura mínima de 2,50 m do piso.”
- (4) A capacidade da condução de corrente para bandeja perfurada foi determinada considerando que os furos ocupassem no mínimo 30% da área da bandeja. Se os furos ocuparem menos de 30% da área da bandeja, ela deve ser considerada “não perfurada”.
- (5) Conforme ABNT IEC 60050 (826), poços, galerias, pisos técnicos, condutos formados por blocos alveolados, forros falsos, pisos elevados e espaços internos existentes em certos tipos de divisórias (como as paredes de gesso acartonado) são considerados espaços de construção.
- (6) D_e é o diâmetro externo do cabo, no caso de cabo multipolar. Para cabos unipolares ou condutores isolados, distinguem-se duas situações:
 a) três cabos unipolares (ou condutores isolados) dispostos em trifólio: D_e deve ser igual a 2,2 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado;
 b) três cabos unipolares (ou condutores isolados) agrupados em um mesmo plano: D_e deve ser igual a três vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado.
- (7) D_e é o diâmetro externo do eletroduto de seção circular ou a altura/profundidade do eletroduto de seção não circular ou da eletrocalha.
- (8) Admite-se o uso de condutores isolados em eletroduto enterrado se, no trecho enterrado, não houver nenhuma caixa de passagem e/ou derivação enterrada e for garantida a estanqueidade do eletroduto (nota do item 6.2.11.6.1 da norma NBR 5410:2004).
- (9) Admitem-se cabos diretamente enterrados sem proteção mecânica adicional, desde que esses cabos sejam providos de armação (ver o item 6.2.11.6 da norma NBR 5410:2004).

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BA1	Comuns	Pessoas inadvertidas	–
BA2	Crianças	Crianças em locais a elas destinados*	Creches, escolas
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 da eletricidade (pessoal 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

* Esta classificação não se aplica necessariamente a locais de habitação.

Considerando ainda o dimensionamento do condutor, deve-se ficar atento ao posicionamento dos condutores nos eletrodutos. Caso haja excesso de circuitos de cabos dentro dos eletrodutos, ocorrerá elevação de corrente nos circuitos ou nos cabos multipolares. A tabela 3.15 apresenta o fator de correção da corrente de cada circuito ou cabo multipolar.

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥ 20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	3.16 a 3.19 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				3.16 e 3.17 (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				

Tabela 3.14

Competência das pessoas (tabela 18 da norma NBR 5410:2004).

Tabela 3.15

Fator de agrupamento (tabela 42 da norma NBR 5410:2004).

Fonte: ABNT



Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥ 20	
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				3.18 e 3.19 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Observações:

- Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.
- Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.
- O número de circuitos ou de cabos com o qual se consulta a tabela refere-se:
 - à quantidade de grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares, cada grupo constituindo um circuito (supondo 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 o número de circuitos e, de posse do fator de agrupamento resultante, a determinação das capacidades de condução de corrente, nas tabelas 3.16 a 3.19, deve ser 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 como 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%.

Dando continuidade ao dimensionamento dos condutores, as tabelas de 3.16 a 3.19 indicam a máxima capacidade de condução de corrente dos condutores de alumínio e cobre, e a tabela 3.20, o número de condutores carregados a ser considerado, em função do tipo de circuito utilizado na instalação. **Condutores:** cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70 °C

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

Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência indicados na tabela 3.13											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445

Tabela 3.16

Capacidades de condução de corrente elétrica, em amperes, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D (tabela 37 da norma NBR 5410:2004). Fonte: ABNT



Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência indicados na tabela 3.13											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
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
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652
Alumínio												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1 000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90 °C

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

Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência indicados na tabela 3.13											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525

Tabela 3.17

Capacidades de condução de corrente elétrica, em amperes, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D (tabela 37 da norma NBR 5410:2004).

Fonte: ABNT



Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência indicados na tabela 3.13											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
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	
1000	1014	908	923	826	1332	1173	1088	957	1515	1237	916	767
Alumínio												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1000	812	712	739	648	1061	955	870	780	1108	950	706	598

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC



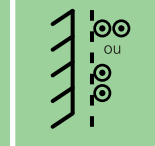
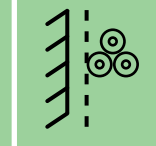
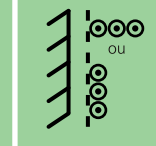
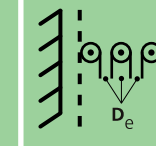
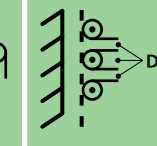
Temperatura no condutor: 70 °C

Temperaturas de referência do ambiente: 30 °C

Tabela 3.18

Capacidades de condução de corrente elétrica, em amperes, para os métodos de referência E, F e G (tabela 38 da norma NBR5410:2004).

Fonte: ABNT

Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência indicados na tabela 3.13						
	Cabos multipolares			Cabos unipolares(I)			
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Justapostos	Três condutores carregados, no mesmo plano	
						Espaçados	
Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Horizontal	Vertical	
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G
							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	11	9	11	8	9	12	10
0,75	14	12	14	11	11	16	13
1	17	14	17	13	14	19	16
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254



Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência indicados na tabela 3.13						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares(I)				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
						Horizontal	Vertical
Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	715	597	754	656	689	852	795
500	826	689	868	749	789	982	920
630	958	798	1 005	855	905	1 138	1 070
800	1 118	930	1 169	971	1 119	1 325	1 251
1 000	1 292	1 073	1 346	1 079	1 296	1 528	1 448
Alumínio							
16	73	61	73	62	65	84	73
25	89	78	98	84	87	112	99
35	111	96	122	105	109	139	124
50	135	117	149	128	133	169	152
70	173	150	192	166	173	217	196

Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência indicados na tabela 3.13						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares(I)				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
						Horizontal	Vertical
Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
95	210	183	235	203	212	265	241
120	244	212	273	237	247	308	282
150	282	245	316	274	287	356	327
185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447
300	439	381	497	434	455	557	519
400	528	458	600	526	552	671	629
500	608	528	694	610	640	775	730
630	705	613	808	711	640	775	730
800	822	714	944	832	875	1 050	1 000
1 000	948	823	1 092	965	1 015	1 213	1 161

(I) Ou, ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.



Condutores: cobre e alumínio

Isolação: EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90 °C

Temperaturas de referência do ambiente: 30 °C

Tabela 3.19

Capacidades de condução de corrente

elétrica, em amperes, para os métodos de referência E, F e G (tabela 38 da norma NBR 5410:2004). Fonte: ABNT

Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência indicados na tabela 3.13						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares(I)				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
	Método E	Método E	Método F	Método F		Método F	Horizontal
					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

Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência indicados na tabela 3.13						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares(I)				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
	Método E	Método E	Método F	Método F		Método F	Horizontal
					Método G		Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alumínio							
16	91	77	90	76	79	103	90
25	108	97	121	103	107	138	122
35	135	120	150	129	135	172	153
50	164	146	184	159	165	210	188



Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência indicados na tabela 3.13						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares(I)				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
						Horizontal	Vertical
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G
							D_e
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
70	211	187	237	206	215	271	244
95	257	227	289	253	264	332	300
120	300	263	337	296	308	387	351
150	346	304	389	343	358	448	408
185	397	347	447	395	413	515	470
240	470	409	530	471	492	611	561
300	543	471	613	547	571	708	652
400	654	566	740	663	694	856	792
500	756	652	856	770	806	991	921
630	879	755	996	899	942	1154	1077
800	1026	879	1164	1056	1106	1351	1266
1000	1186	1012	1347	1226	1285	1565	1472

(I) Ou, ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.

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

Como se pode observar, as tabelas 3.16 a 3.19 trazem colunas para dois e três condutores carregados, mas nenhuma para quatro condutores carregados. Por isso, a determinação da capacidade de condução de corrente para quatro condutores carregados deve ser feita aplicando o fator de 0,86 às capacidades de condução de corrente válidas para três condutores carregados – sem prejuízo dos demais fatores de correção eventualmente aplicáveis, como os referentes a temperatura ambiente, resistividade térmica do solo e agrupamento de circuitos.

As tabelas 3.21 e 3.22 apresentam os fatores de correção de corrente dos circuitos para temperaturas diferentes da temperatura do local instalado.

Temperatura (°C)	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71

Tabela 3.20

Número de condutores carregados a ser considerado, em função do tipo de circuito (tabela 46 da norma NBR5410:2004).

Tabela 3.21

Fatores de correção para temperaturas diferentes de 30 °C para linhas não subterrâneas.



Temperatura (°C)	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
65	–	0,65
70	–	0,58
75	–	0,50
80	–	0,41

Ao dimensionar inicialmente o condutor de cada circuito, o que se determina é a seção nominal do condutor de fase. Assim, para dimensionar o condutor neutro pertencente ao circuito, utiliza-se a tabela 3.23.

Seção dos condutores de fase (mm ²)	Seção reduzida do condutor neutro (mm 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

Tabela 3.23

Seção reduzida do condutor neutro.

Tabela 3.22
Fatores de correção para temperaturas diferentes de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas.

Temperatura (°C)	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

Para dimensionar o condutor de proteção, consulta-se a tabela 3.24. Essa tabela só é válida quando o condutor de proteção é constituído do mesmo metal dos condutores de fase; caso contrário, deve-se seguir a determinação da norma IEC 60364-5-54.

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

Tabela 3.24

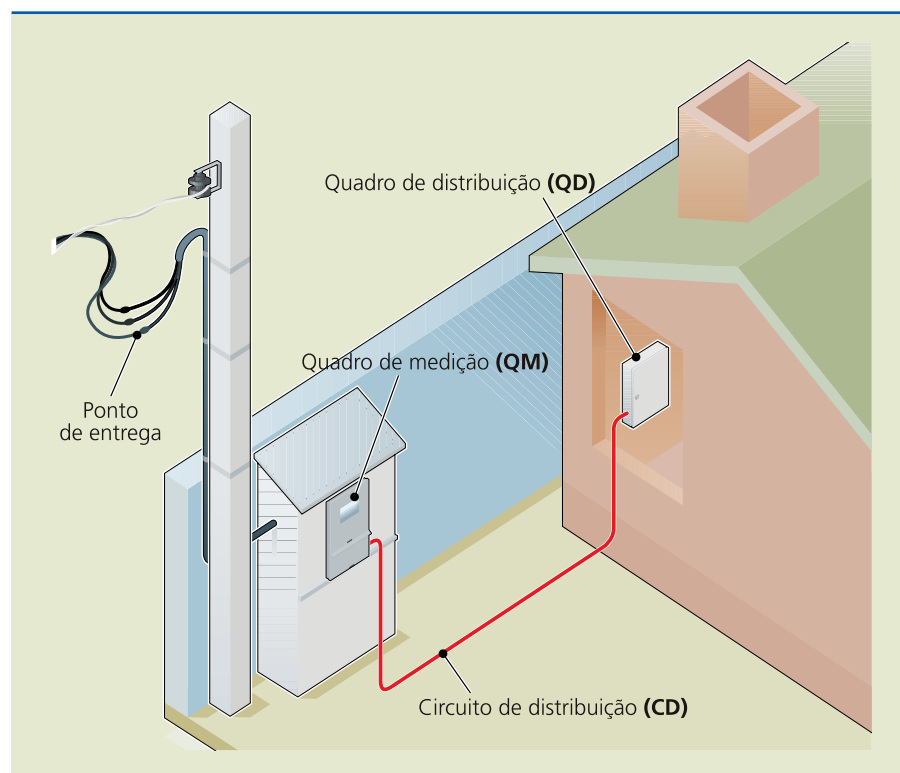
Seção mínima do condutor de proteção (tabela 58 da norma NBR 5410:2004).
Fonte: ABNT

Nas tabelas 3.21 e 3.22, não aparecem as temperaturas de 30 °C e 20 °C, respectivamente, porque são consideradas temperaturas ambientes. Nesses casos, o fator de correção é 1,0, não havendo, portanto, diferença de valor da corrente dos circuitos.

O quadro de distribuição (QD) é o centro de distribuição de toda a instalação elétrica, também designado conjunto de proteção, manobra e comando. Ele recebe os fios que vêm do quadro de medição (QM) e distribui a energia elétrica a um ou mais circuitos terminais. Portanto, o circuito de distribuição (CD) é o conjunto de componentes elétricos compreendidos entre os quadros de medição e de distribuição (figura 3.5).



Figura 3.5
Caminhamento do circuito de distribuição.



Conhecido como fator de utilização.

Para nosso exemplo, o cálculo da potência do circuito de distribuição (P_{CD}) é o seguinte:

$$P_{CD} = \text{provável demanda} \div 0,95$$

$$P_{CD} = 13\,160,80 \div 0,95$$

$$P_{CD} = 13\,853,47 \text{ W}$$

Sabendo que o sistema é bifásico (2F + 1N), a tensão do circuito de distribuição (V_{CD}) é igual a 220 V.

Portanto, a corrente é:

$$I_{CD} = P_{CD} / V_{CD}$$

$$I_{CD} = 13\,853,47 / 220$$

$$I_{CD} = 62,97 \text{ A}$$

3.1.2 Dimensionamento dos condutores do circuito de distribuição

O eletroduto que contém o circuito de distribuição é embutido em alvenaria. Os condutores são de cobre, conforme item 6.da NBR 5410:2004; só se admite o uso dos de alumínio nas condições estabelecidas nos itens 6.2.3.7.1 a 6.2.3.7.3,

com isolamento de PVC e à temperatura ambiente de 30 °C. Portanto, o fator de correção de temperatura (FCT) é igual a 1,0. Ressalte-se, novamente, que a temperatura de 30 °C não aparece na tabela 3.21 (parte dela reproduzida na tabela 3.25) porque é considerada temperatura ambiente e não influencia a corrente do circuito. Caso a temperatura seja diferente de 30 °C, é preciso corrigir a corrente do circuito dividindo-a pelo FCT indicado na tabela 3.21.

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

Tabela 3.25
Reprodução de parte da tabela 3.21.

Na corrente do circuito de distribuição (I_{CD}), deve-se aplicar o fator de correção de agrupamento (FCA), conforme a tabela 3.15 (reproduzida parcialmente na tabela 3.26). Em nosso exemplo, o FCA é igual a 1,00, pois o circuito é único dentro do eletroduto.

Tabela 3.26
Reprodução de parte da tabela 3.15.

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
I	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	3.16 a 3.19 (métodos A a F)

Portanto, a corrente do circuito se manterá em 62,97 A, pois:

$$I_{CD\text{corrigida}} = I_{CD} / FCT \cdot FCA$$

$$I_{CD\text{corrigida}} = 62,97 / 1,0 \cdot 1,0$$

$$I_{CD\text{corrigida}} = 62,97 \text{ A}$$

Considerando o valor da corrente corrigida, consulta-se a tabela 3.13 (reproduzida parcialmente na tabela 3.27) para condutores de cobre, isolamento de PVC,



temperatura no condutor de 70 °C, temperaturas de referência do ambiente de 30 °C (ar) e 20 °C (solo), método de referência B1 (condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria) método de instalação 7 e três condutores carregados, conforme mostra a tabela 3.20 (parte dela reproduzida na tabela 3.28).

Tabela 3.27
Reprodução de parte da tabela 3.13.

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Métodos de referência
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1

Tabela 3.28
Reprodução de parte da tabela 3.20.

Esquema de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado
Duas fases com neutro	3

Tabela 3.29
Reprodução de parte da tabela 3.16.

Consultando a tabela 3.16 (reproduzida parcialmente na tabela 3.29), que mostra a máxima capacidade de condução de corrente no condutor, verifica-se que a corrente de 68 A satisfaz a corrente do projeto em estudo.

Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência indicados na tabela 3.13											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
(1)	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
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

Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência indicados na tabela 3.13											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
(1)	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
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

A seção nominal do condutor a ser utilizado para essa corrente é de 16 mm². Portanto, os condutores de fase do circuito de distribuição serão de 16 mm².

Para determinar o condutor neutro pertencente ao circuito, utiliza-se a tabela 3.23 (parte dela reproduzida na tabela 3.30).

Seção dos condutores de fase (mm ²)	Seção reduzida do condutor neutro (mm ²)
S ≤ 25	S

Tabela 3.30
Reprodução de parte da tabela 3.23.

Assim, a seção nominal do condutor neutro será também de 16 mm².

Para dimensionar o condutor de proteção, consulta-se a tabela 3.24 (reproduzida parcialmente na tabela 3.31). Vale lembrar que essa tabela só é válida quando o condutor de proteção é constituído do mesmo metal dos condutores de fase; caso contrário, deve-se seguir a determinação da norma IEC 60364-5-54.

Seção dos condutores de fase (mm ²)	Seção mínima do condutor de proteção correspondente (mm ²)
S ≤ 16	S

Tabela 3.31
Reprodução de parte da tabela 3.24.

Portanto, a seção nominal do condutor de proteção ou terra será também de 16 mm².



3.2 Divisão dos circuitos terminais

Utilizando os cálculos das potências feitos anteriormente, pode-se construir o quadro de previsão de cargas (tabela 3.32) e fazer a divisão de circuitos discriminando seu número, tipo, potência total por circuito e tensão nominal, considerando o exemplo de projeto residencial.

Tabela 3.32
Quadro de previsão de cargas.

Local	Circuito	Tipo	Potências		Tensão (V)
			Parcial	Total	
Sala Quarto Banheiro	1	Iluminação social	160 160 100	420 VA	127
Cozinha Área de serviço	2	Iluminação Serviço	100 100	200 VA	127
Sala Quarto Banheiro	3	Pontos de tomada	3 · 100 3 · 100 1 · 600	1 200 VA	127
Cozinha	4	Pontos de tomada	3 · 600 + 1 · 100	1 900 VA	127
Área de serviço	5	Pontos de tomada	3 · 600	1 800 VA	127
Chuveiro elétrico	6	Ponto específico	6 400	6 400 W	220
Torneira elétrica	7	Ponto específico	4 400	4 400 W	220
Circuito de distribuição	CD	–	13 853,47 W		220

Os critérios para a divisão da instalação em circuitos obedecem também à norma NBR 5410:2004:

- Devem ser previstos circuitos terminais distintos para pontos de iluminação e de tomada (item 4.2.5.5)
- Os pontos de tomada de cozinhas, copas e áreas de serviço devem ter circuitos terminais independentes (item 9.5.3.2).
- Equipamentos ou aparelhos que absorvam corrente igual ou superior a 10 A devem possuir pontos específicos (item 9.5.3.1).
- A potência dos circuitos, com exceção de circuitos exclusivos para pontos específicos, deve estar limitada a 1 200 VA em 127 V e 2 500 VA em 220 V.
- Em instalações com duas ou três fases, deve-se realizar o balanceamento de fases, também chamado balanceamento de cargas, ou seja, distribuir as cargas uniformemente entre as fases, de modo que se obtenha o maior equilíbrio possível (tabela 3.33).

Balanceamento de fases (potências)	
Fase 1	Fase 2
420	
220	
	1 200
1 900	
	1 800
3 200	3 200
2 200	2 200
7 940	8 400

Tabela 3.33
Balanceamento de fases.

Calculando a corrente de cada circuito ($I = P / V$), podem-se acrescentar os dados no quadro de previsão de cargas (tabela 3.34).

Tabela 3.34
Quadro de previsão de cargas com a corrente calculada dos circuitos.

Local	Circuito	Tipo	Potências		Tensão (V)	Corrente do circuito
			Parcial	Total		Calculada (A)
Sala Quarto Banheiro	1	Iluminação social	160 160 100	420 VA	127	3,31
Cozinha Área de serviço	2	Iluminação Serviço	100 100	200 VA	127	1,57
Sala Quarto Banheiro	3	Pontos de tomada	3 · 100 3 · 100 1 · 600	1 200 VA	127	9,45
Cozinha	4	Pontos de tomada	3 · 600 + 1 · 100	1 900 VA	127	14,96
Área de serviço	5	Pontos de tomada	3 · 600	1 800 VA	127	14,17
Chuveiro elétrico	6	Ponto específico	6 400	6 400 W	220	29,09
Torneira elétrica	7	Ponto específico	4 400	4 400 W	220	20,0
Circuito de distribuição	CD	–	13 853,47W		220	62,97



3.3 Localização dos pontos elétricos da instalação na planta baixa

Para determinar a localização dos pontos elétricos na planta baixa, devem ser levadas em conta as informações da norma NBR 5444:1989 – Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais e as seguintes orientações:

- Utilizando os símbolos gráficos, distribuir os pontos de luz, pontos de tomada e pontos específicos nos circuitos, numerando cada um deles.
- Evitar posicionar pontos elétricos sobre elementos estruturais (pilares ou vigas de concreto) ou em interferência com outras instalações (por exemplo, em pontos dos projetos de instalações telefônicas, hidráulicas, sanitárias, de combate a incêndio etc.).
- Localizar os pontos de maneira a distribuir uniformemente os pontos de iluminação geral e prever pontos de iluminação para casos específicos.
- Distribuir uniformemente os pontos de tomada de uso geral, de preferência fazendo um bom estudo do local.
- Em copas, cozinhas, áreas de serviço e banheiros, prever a localização de pontos de tomada de uso geral, de acordo com as exigências da norma NBR 5410:2004, para eventuais bancadas existentes. Recomenda-se que essas tomadas estejam a pelo menos 0,20 m de altura da bancada.
- Prever a localização de pontos de tomada (uso exclusivo) a no máximo 1,50 m do aparelho de utilização.
- Localizar os comandos dos pontos de iluminação prevendo interruptores simples, duplos, triplos, paralelos ou intermediários.

O quadro de distribuição é onde se concentram os dispositivos de proteção, manobra e comando, que devem ser instalados de acordo com a norma NBR5410/2004, que estabelece:

- Acessibilidade (item 6.1.4) – Todos os componentes instalados no quadro de distribuição devem facilitar sua operação, inspeção, manutenção e acesso às conexões. O acesso não pode ser dificultado pela montagem dos componentes.
- Identificação dos componentes (itens 6.1.5.1 e 6.5.4.9) – Placas, etiquetas e outros meios adequados devem possibilitar a identificação dos dispositivos de comando, manobras e/ou proteção, de maneira que a correspondência entre componentes e respectivos circuitos possa ser prontamente reconhecida, evitando qualquer tipo de confusão. Se um dispositivo de comando, manobra e/ou proteção não puder ser observado pelo operador e por essa razão causar perigo, deve ser provida alguma sinalização à vista do operador.
- Independência dos componentes (item 6.1.6.1) – Os componentes devem ser escolhidos e dispostos de tal modo que impeça qualquer influência prejudicial entre as instalações elétricas e não elétricas, bem como entre as instalações elétricas de energia e de sinal da edificação.
- Componentes fixados nas portas ou tampas do quadro de distribuição (item 6.5.4.6) – Componentes como condutores e instrumentos devem ser dispostos de tal forma que os movimentos das portas ou tampas não causem danos aos condutores.

- Espaço de reserva (item 6.5.4.7) – Deve-se prever espaço de reserva para instalações futuras, conforme a tabela 3.35.

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	0,15 N

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

- Em relação à quantidade de quadros de distribuição, devem ser considerados: o número de centros de cargas (pontos ou regiões onde se verifica a maior concentração de cargas), o aspecto econômico e a versatilidade desejada.

Os traçados de um projeto de instalação elétrica são feitos em planta baixa, e informações gráficas não pertinentes, como representação de pisos e louças, devem ser omitidas. O destaque deve ser o traçado da instalação. Entretanto, outra planta baixa com esses detalhes pode facilitar a localização dos pontos elétricos (figura 3.6).

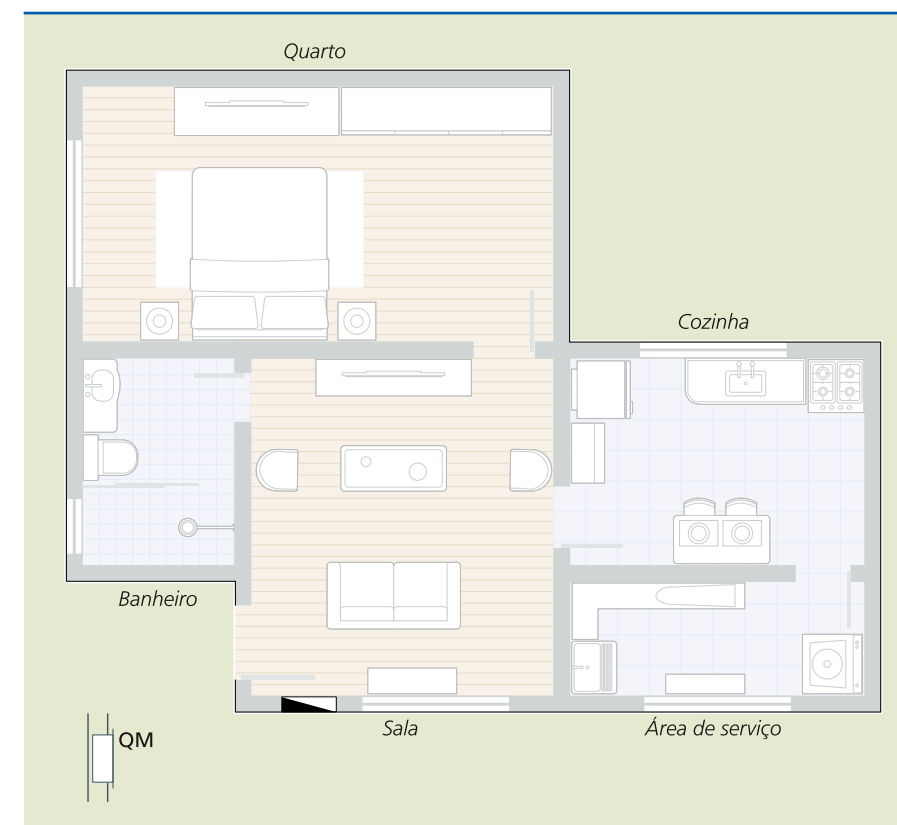


Figura 3.6

Layout das dependências.

Tabela 3.35

Quadro de distribuição: espaço de reserva (tabela 59 da NBR 5410:2004).

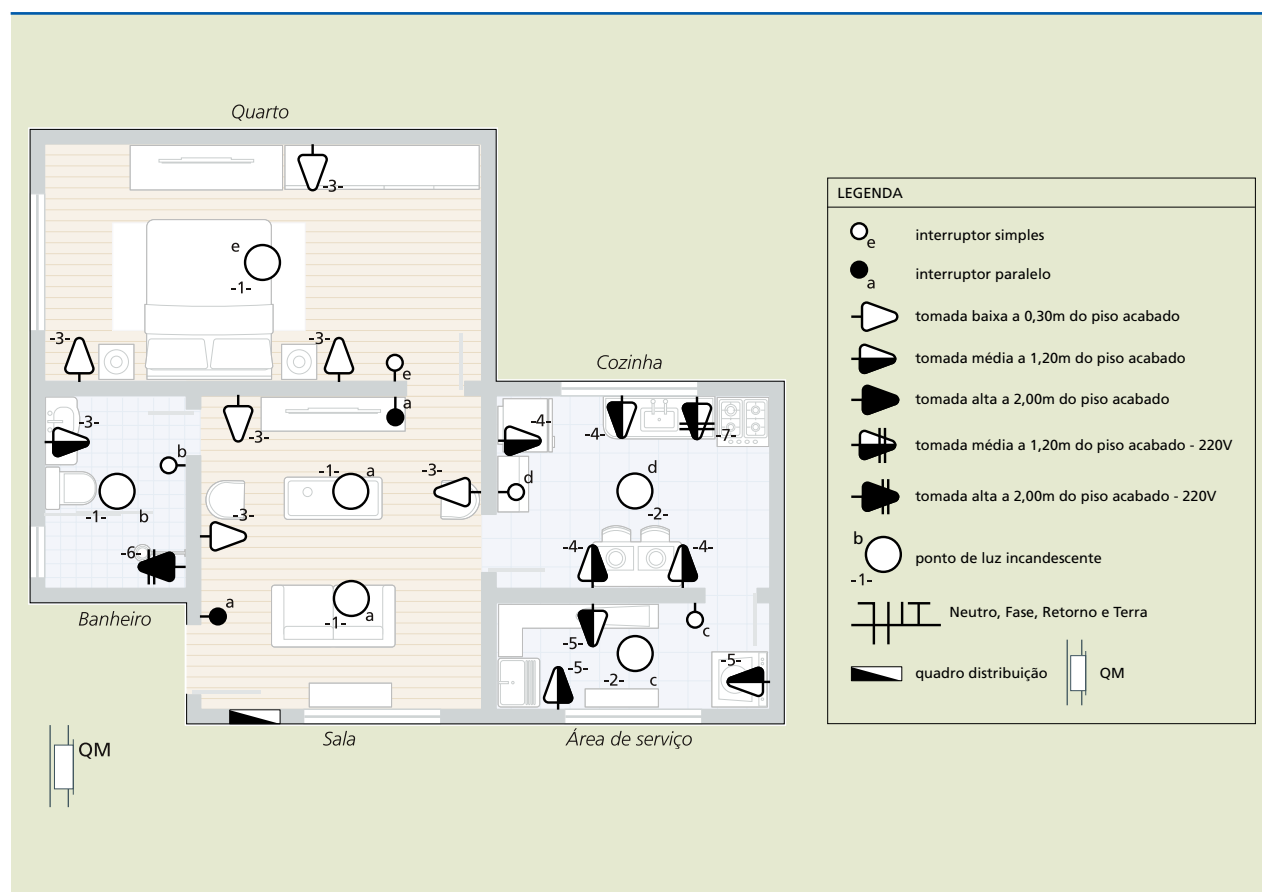


A planta baixa para o traçado da instalação é feita normalmente em escala de 1:50 ou 1:100, e suas especificações e dimensionamentos são executados conforme as normas para confecção de desenhos de planta baixa NBR 10068:1987 – Folhas de desenho: *layout* e dimensões e NBR 10582 – Conteúdo da folha para desenho técnico.

Figura 3.7

Planta baixa com os respectivos números de circuitos.

A planta baixa da figura 3.7 apresenta a localização dos pontos com os respectivos números de circuitos.



3.4 Traçado dos eletrodutos

O traçado dos eletrodutos inicia pelo quadro de distribuição, de acordo com os seguintes procedimentos:

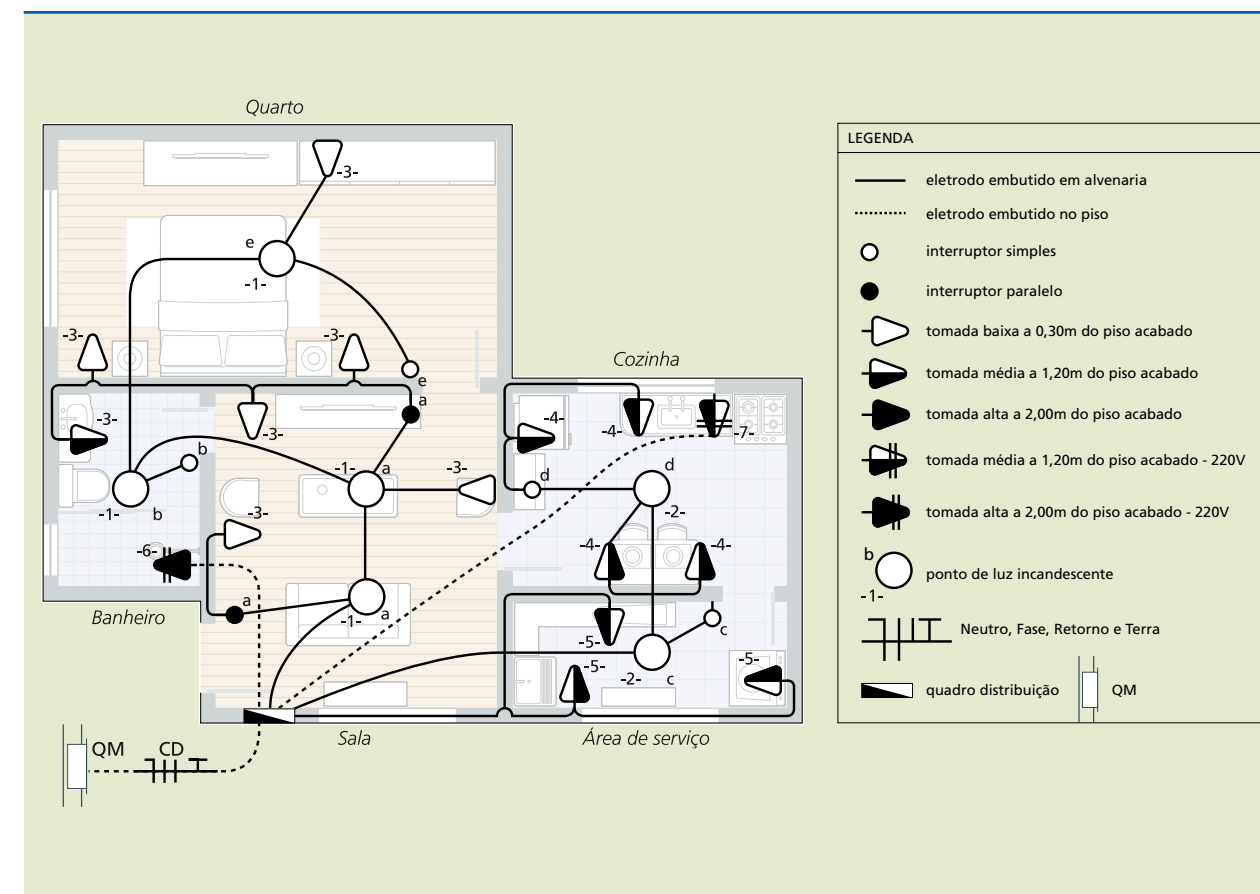
- Privilegiar os trajetos mais curtos e evitar cruzamento de eletrodutos.
- Interligar os pontos de luz aos eletrodutos embutidos no teto, passando por todas as dependências.
- Interligar os pontos de comando e pontos de tomada ao(s) ponto(s) de luz de cada dependência (eletrodutos embutidos nas paredes e/ou no teto).
- Evitar que as caixas octogonais (4" · 4" · 4" com fundo móvel e 3" · 3" · 2" com fundo fixo) embutidas no teto estejam interligadas a mais de cinco eletrodutos.

- Evitar que as caixas retangulares (4" · 4" · 2" ou 4" · 2" · 2") embutidas na parede estejam interligadas a mais de quatro eletrodutos.
- Recomenda-se, em alguns casos, que nas instalações de tomadas baixas e médias os eletrodutos sejam embutidos no piso.

A figura 3.8 apresenta o traçado dos eletrodutos.

Figura 3.8

Traçado dos eletrodutos.



3.5 Representação da fiação

Depois do traçado dos eletrodutos, procede-se à representação da fiação (circuitos terminais com seus respectivos condutores), observando os seguintes procedimentos:

- Representar a fiação do circuito que passa em cada trecho dos eletrodutos.
- Identificar suas seções nominais, em mm² (● = mm²).
- Identificar o circuito a que os condutores pertencem (figura 3.9).

Obs.: fiação de 1,5 mm² não necessita identificação.

- Utilizar a simbologia gráfica normatizada (norma NBR 5444:1989).
- Evitar que nos trechos dos eletrodutos, principalmente no inicial (saída do quadro de distribuição), passem mais de cinco circuitos, preferencialmente.



O número de circuitos passantes eleva o diâmetro do eletroduto, além de influenciar o aumento da seção dos condutores devido ao fator de correção de agrupamento.

Figura 3.9

Representação dos eletrodutos contendo os circuitos e suas fiações.

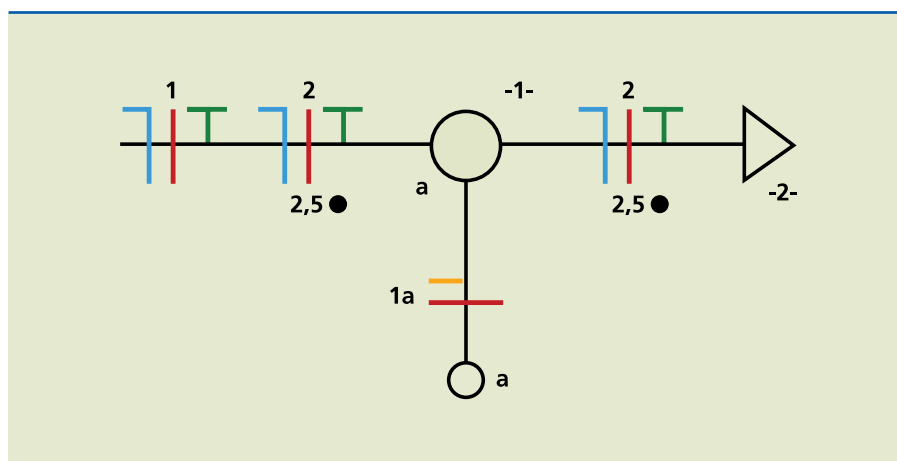
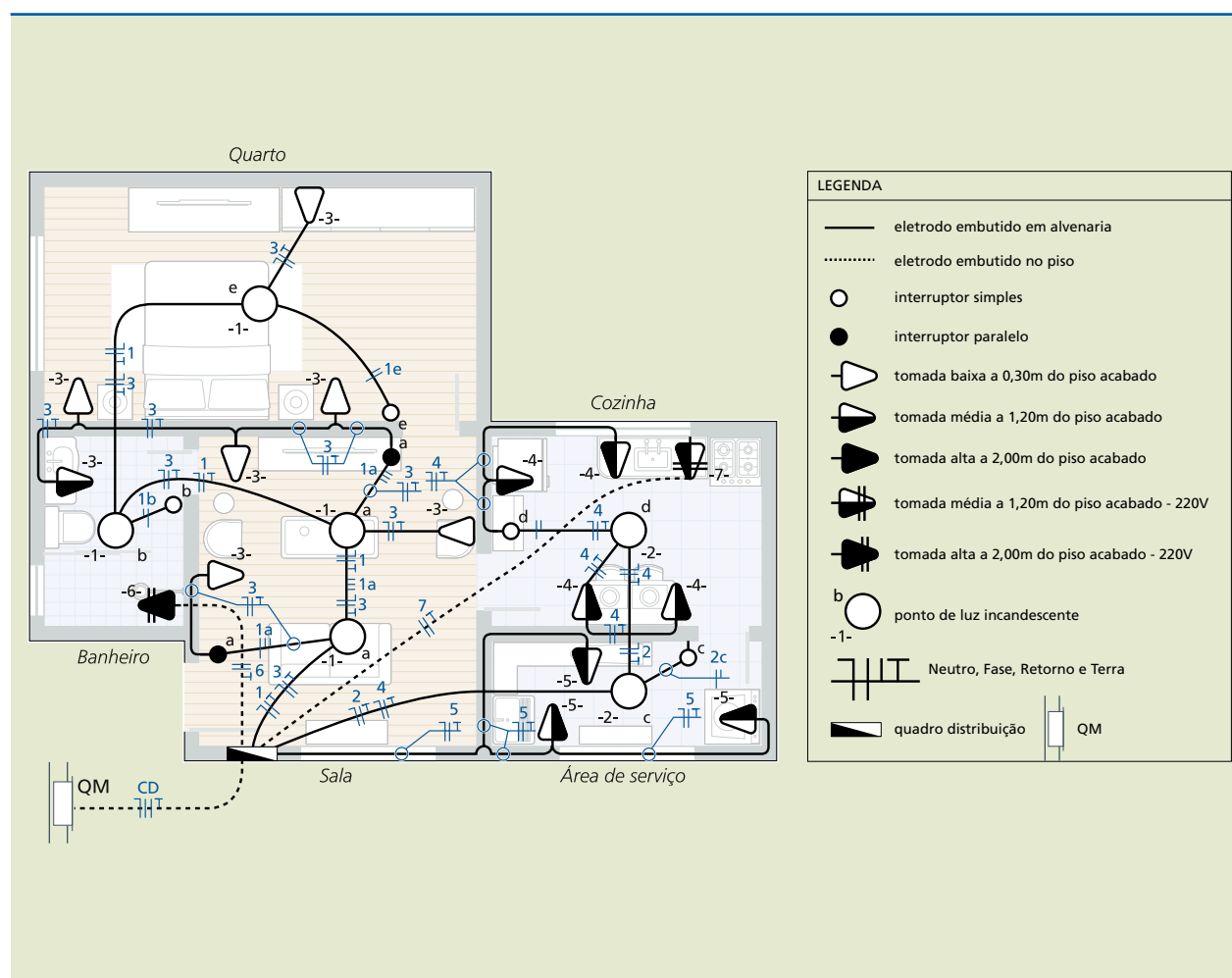


Figura 3.10

Representação da fiação dos circuitos.

A figura 3.10 mostra a representação da fiação dos circuitos.



3.6 Dimensionamento dos condutores dos circuitos terminais

Os circuitos terminais discriminados por números e tipos são os que correspondem aos circuitos de iluminação, de pontos de tomada e de pontos específicos.

O dimensionamento dos condutores elétricos em instalações residenciais segue três critérios: **seção mínima**, conforme tabela 3.11; **máxima capacidade de condução** de corrente (a troca térmica entre os condutores e o ambiente influencia a capacidade de condução de corrente e esta depende do método de instalação do condutor); e limite de queda de tensão, detalhado em seguida.

De acordo com a norma NBR 5410:2004, em qualquer ponto de utilização da instalação residencial, a queda de tensão verificada não deve ser superior aos seguintes valores, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação:

- a) 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
- b) 4%, calculados nos circuitos terminais.

Para efetuar o dimensionamento do condutor pela máxima queda de tensão admissível, deve-se levar em conta:

- a) tipo de isolamento do condutor;
- b) método de instalação;
- c) material do eletroduto (magnético ou não magnético);
- d) tipo de circuito (monofásico ou trifásico);
- e) tensão do circuito (tensão fase-neutro ou tensão fase-fase);
- f) corrente de projeto (I_B);
- g) fator de potência;
- h) comprimento do circuito (L), em km;
- i) queda de tensão $e(\%)$ admissível;
- j) cálculo da queda de tensão unitária ($\Delta V_{unit} = \frac{e(\%).V}{I_B.L}$);
- k) escolha do condutor.

A equação
$$\Delta V_{unit} = \frac{e(\%).V}{I_B.L}$$

permite encontrar, na tabela dos fabricantes, o condutor cuja queda de tensão é igual ou imediatamente inferior à calculada, obtendo, assim, a seção do condutor.

Como em instalações elétricas residenciais a distância entre o quadro de distribuição e a carga costuma ser pequena, o limite de queda de tensão não afetará o dimensionamento dos condutores. No entanto, se tal distância for grande, esse critério deve ser considerado.

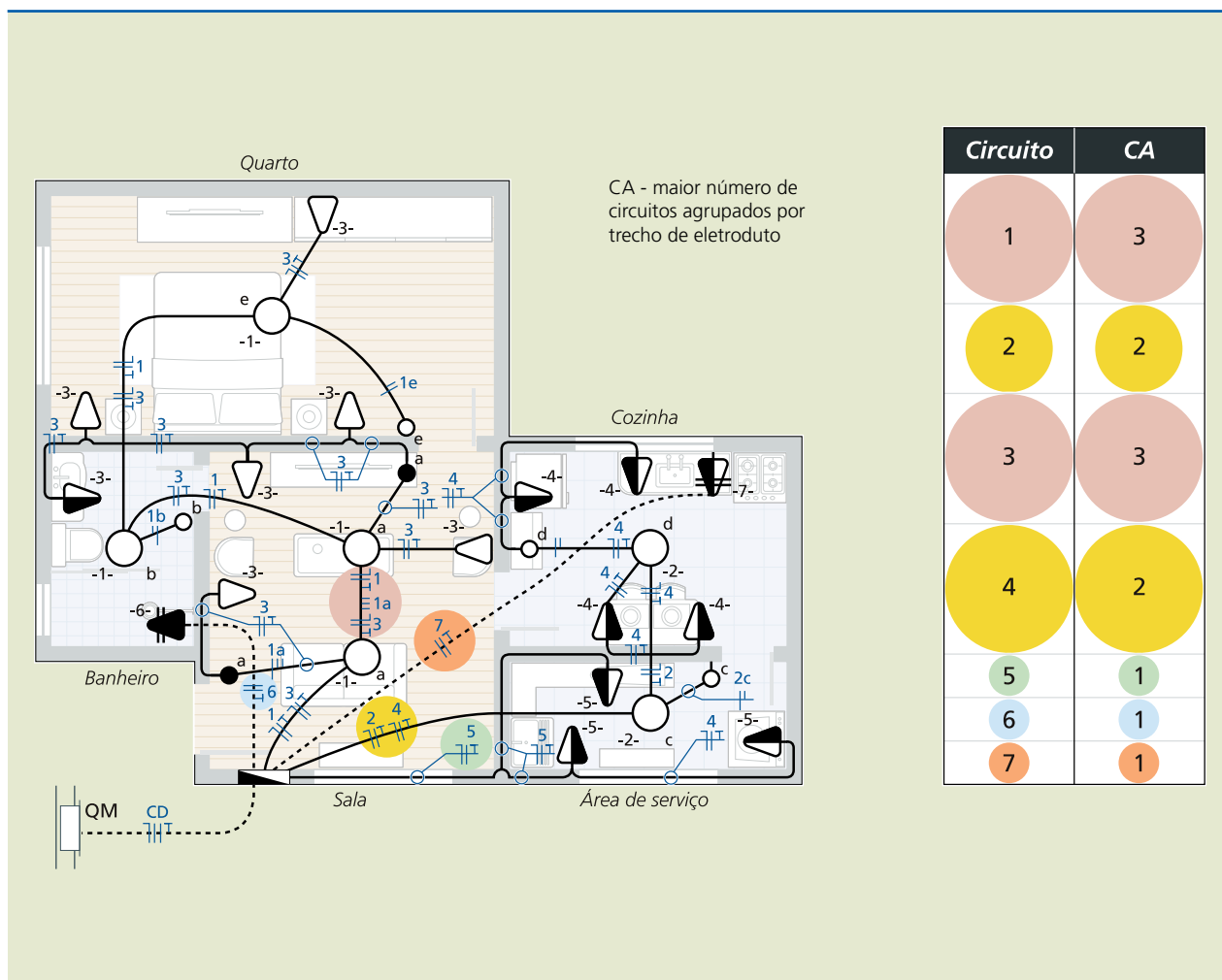


3.6.1 Correção da corrente calculada dos circuitos terminais

Para corrigir o valor da corrente calculada dos circuitos, é preciso consultar a planta com a representação gráfica da fiação e seguir o caminho que o circuito percorre. Nessa análise, observa-se cada circuito individualmente, em todos os trechos de eletrodutos, e define-se o trecho que possui o maior número de circuitos agrupados (CA), que deve ser igual ou superior a 1 (figura 3.11).

Figura 3.11

Indicação dos circuitos agrupados em cada trecho.



Com base nos números de circuitos agrupados, verifica-se qual o valor do fator de correção de agrupamento (fator que deve ser aplicado para evitar aquecimento excessivo dos condutores quando se agruparem vários circuitos em um mesmo eletroduto), conforme a tabela 3.36, que resume os dados da tabela 3.15.

Tabela 3.36

Fator de agrupamento.

Nº de circuitos agrupados	1	2	3	4	5	6	7
Fator de agrupamento (f)	1,00	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54

Para definir o valor da corrente corrigida, divide-se o valor da corrente calculada pelo produto entre o fator de correção de agrupamento, encontrado na tabela 3.36, e o fator de correção de temperatura (FCT) correspondente a cada circuito terminal:

$$I_{\text{corrigida}} = I_{\text{calculada}} / \text{FCT} \cdot \text{FCA}$$

Como em instalações residenciais a isolamento do condutor é, em geral, de PVC e a temperatura é igual a 30 °C, FCT = 1,0. Caso a temperatura seja diferente de 30 °C, deve-se utilizar a tabela 3.21.

Retornando ao quadro de previsão de cargas, anotam-se os novos dados (tabela 3.37).

Tabela 3.37

Quadro de previsão de cargas com a corrente dos circuitos calculada e corrigida.

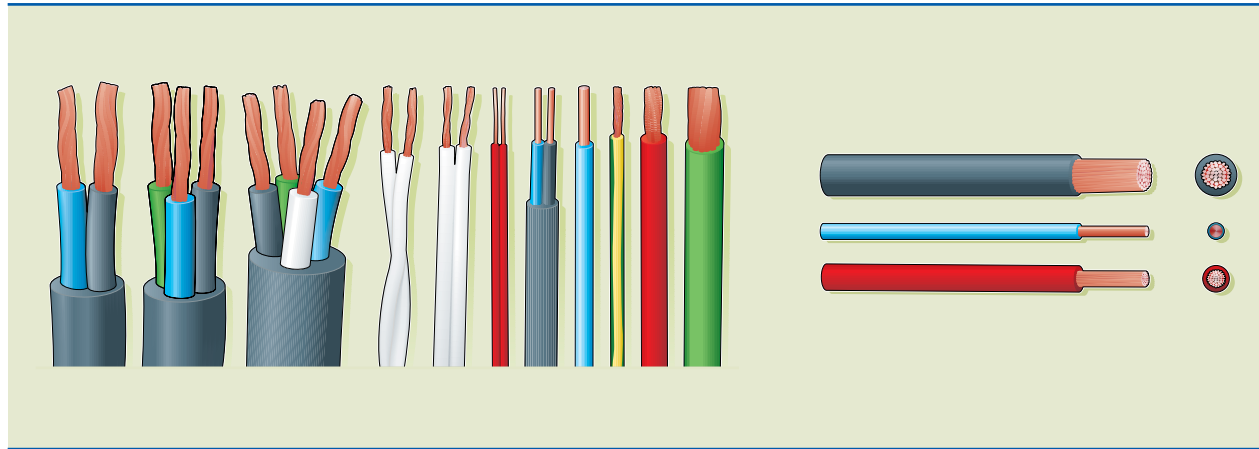
Local	Circuito	Tipo	Potências		Tensão (V)	Corrente do circuito (A)			
			Parcial	Total		Calculada	Fator de Correção		Corrigida
							FCT	FCA	
Sala Quarto Banheiro	1	Iluminação social	160 160 100	420 VA	127	3,31	1,0	0,7	4,73
Cozinha Área de serviço	2	Iluminação serviço	100 100	200 VA	127	1,57	1,0	0,8	1,96
Sala Quarto Banheiro	3	Pontos de tomada	3 · 100 3 · 100 1 · 600	1 200 VA	127	9,45	1,0	0,7	13,50
Cozinha	4	Pontos de tomada	3 · 600 + 1 · 100	1 900 VA	127	14,96	1,0	0,8	18,70
Área de serviço	5	Pontos de tomada	3 · 600	1 800 VA	127	14,17	1,0	1,0	14,17
Chuveiro elétrico	6	Ponto específico	6 400	6 400 W	220	29,09	1,0	1,0	29,09
Torneira elétrica	7	Ponto específico	4 400	4 400 W	220	20,0	1,0	1,0	20,00
Circuito de distribuição	CD	–	13 853,47 W		220	62,97	1,0	1,0	62,97



3.6.2 Seção dos condutores para cada um dos circuitos terminais

Figura 3.12

Tipos de condutores elétricos (fios e cabos) singelos e múltiplos.



Quando a escolha do condutor não envolve o aspecto peso, e sim o espaço a ser ocupado, o mais indicado é o de cobre, por possuir menor diâmetro que o de alumínio, considerando que ambos transportam o mesmo valor de corrente elétrica.

Depois de definir o material do condutor (cobre), a isolamento (PVC) e o método de instalação do eletroduto (embutido em alvenaria), pode-se determinar, por meio do valor da corrente corrigida, a seção do condutor de fase para cada um dos circuitos terminais, conforme as tabelas 3.11 (reproduzida parcialmente na tabela 3.38) e 3.16 (parte dela representada na tabela 3.39).

Tabela 3.38

Reprodução de parte da tabela 3.11.

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor (mm ² – material)
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu
		Circuitos de força (tomadas de corrente)	2,5 Cu

Tabela 3.39

Reprodução de parte da tabela 3.16.

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Métodos de referência (I)
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	BI

Portanto, no projeto em estudo, consideram-se as seguintes informações:

- Condutores: cobre.
- Isolação: PVC.
- Temperatura no condutor: 70 °C.
- Temperaturas de referência do ambiente: 30 °C (ar), 20 °C (solo).
- Número de condutores carregados: dois (entre FN e entre FF).

Observe a seguir a tabela 3.40, que reproduz parte da tabela 3.18.

Tabela 3.40

Reprodução parcial da tabela 3.18.

Seções nominais (mm ²)	Métodos de referência											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86



Tabela 3.41

Quadro de previsão de cargas com seção dos condutores de fase.

Determinando as seções nominais pelos dois critérios, pode-se refazer o quadro de previsão de cargas (tabela 3.41).

Circuito	Tipo	Potência total	Tensão (V)	Corrente corrigida (A)	Tabela 13	Tabela 18	Seção da fase adequada
					S_{fase} (mm ²)	S_{fase} (mm ²)	S_{fase} (mm ²)
1	Iluminação social	420 VA	127	4,73	1,5	0,5	1,5
2	Iluminação de serviço	200 VA	127	1,96	1,5	0,5	1,5
3	Pontos de tomada	1 200 VA	127	13,50	2,5	1,0	2,5
4	Pontos de tomada	1 900 VA	127	18,70	2,5	2,5	2,5
5	Pontos de tomada	1 800 VA	127	14,17	2,5	1,5	2,5
6	Ponto específico	6 400 W	220	29,09	2,5	4,0	4,0
7	Ponto específico	4 400 W	220	20,00	2,5	2,5	2,5
CD	Circuito de distribuição	13 853,47 W	220	62,97	2,5	16,0	16,0

Tabela 3.44

Quadro de previsão de cargas com seção dos condutores de fase, neutro e terra.

Circuito	Tipo	Potência total	Tensão (V)	Corrente corrigida (A)	Seção do fase	Seção do neutro	Seção do terra
					S_{fase} (mm ²)	S_{neutro} (mm ²)	S_{terra} (mm ²)
1	Iluminação social	420 VA	127	4,73	1,5	1,5	1,5
2	Iluminação de serviço	200 VA	127	1,96	1,5	1,5	1,5
3	Pontos de tomada	1 200 VA	127	13,50	2,5	2,5	2,5
5	Pontos de tomada	1 800 VA	127	14,17	2,5	2,5	2,5
6	Ponto específico	6 400 W	220	29,09	4,0	4,0	4,0
7	Ponto específico	4 400 W	220	20,00	2,5	2,5	2,5
CD	Circuito de distribuição	13 853,47 W	220	62,97	16,0	16,0	16,0

Indicam-se, então, na planta baixa as seções nominais dos condutores (figura 3.13). Quando a seção nominal é igual a 1,5 mm², não há necessidade de indicá-la na planta, assim como todas as potências iguais a 100 VA.

Figura 3.13

Planta baixa com indicação das seções dos condutores.

Agora, determina-se a seção dos condutores neutro e de proteção (terra), utilizando as informações das tabelas 3.23 e 3.24, reproduzidas, em parte, nas tabelas 3.42 e 3.43, respectivamente.

Tabela 3.42

Reprodução de parte da tabela 3.23.

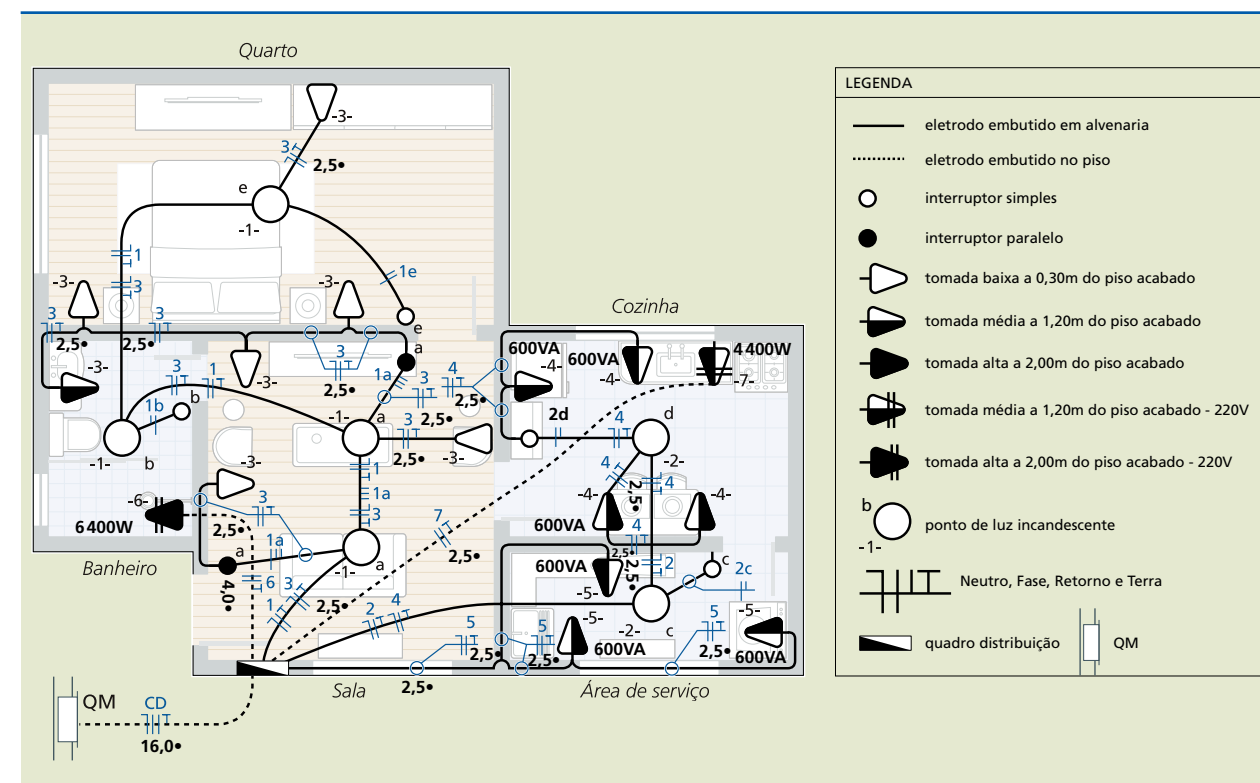
Seção dos condutores de fase (mm ²)	Seção reduzida do condutor neutro (mm ²)
$S \leq 25$	S

Tabela 3.43

Reprodução de parte da tabela 3.24.

Seção dos condutores de fase (mm ²)	Seção mínima do condutor de proteção correspondente (mm ²)
$S \leq 16$	S

Observando as tabelas 3.42 e 3.43, conclui-se que os condutores neutro e de proteção (terra) acompanharão as fases de cada circuito terminal (quadro 3.26).



3.7 Dimensionamento dos eletrodutos

Dimensionar eletrodutos é determinar o tamanho nominal do eletroduto para cada trecho da instalação ou para a instalação inteira. O tamanho nominal do eletroduto é seu diâmetro externo, expresso em milímetros. Assim, para realizar o dimensionamento, é necessário consultar a planta baixa com a representação gráfica da fiação e a indicação das seções dos condutores.

Em instalações elétricas residenciais, é obrigatório que os condutores não ocupem mais que 40% da área útil dos eletrodutos (conforme NBR 5410:2004, item 6.2.11.1.6) e, para dimensionar cada um deles, basta saber a quantidade e a seção nominal dos condutores que o ocupam.

Tabela 3.45

Ocupação máxima dos eletrodutos de PVC por condutores de mesma bitola (fios ou cabos unipolares 450/750 V BWF antichama).

Seção nominal	Nº de condutores no eletroduto										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tamanho nominal dos eletrodutos											
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25	25	25
4,0	16	16	20	20	20	25	25	25	25	32	32
6,0	16	20	20	25	25	25	25	32	32	32	32
10,0	20	20	25	25	32	32	32	40	40	40	40
16,0	20	25	25	32	32	40	40	40	40	50	50

Analisando a planta baixa da figura 3.13 e a tabela 3.45, pode-se notar que:

- Para os circuitos 5 e 7, com três condutores cada um, de seção nominal de 2,5 mm², contidos no eletroduto, os trechos de eletrodutos terão o tamanho nominal de 16 mm.
- Para o circuito 6, com três condutores, de seção nominal de 4,0 mm², contidos no eletroduto, os trechos de eletrodutos terão o tamanho nominal de 16 mm.
- Para o circuito CD, com quatro condutores, de seção nominal de 16,0 mm², contidos no eletroduto, os trechos de eletrodutos terão o tamanho nominal de 25 mm.

Caso os condutores dos circuitos contidos no mesmo trecho de eletrodutos possuam seções nominais diferentes, o primeiro passo é saber a área total ocupada

pelos condutores no eletroduto, como exemplifica a tabela 3.46, extraída da especificação de um fabricante de fios.

Tabela 3.46

Dimensões totais dos condutores isolados (Pirelli – Pirastic Antiflam).

Seção nominal (mm ²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120
Área total (mm ²)	6,2	9,1	11,9	15,2	24,6	33,2	56,7	71,0	95,0	133,0	177,0	214,0

Deve-se considerar também que a taxa máxima de ocupação do eletroduto, dada pelo quociente entre a soma das áreas das seções transversais dos condutores previstos, calculadas com base no diâmetro externo, e a área útil da seção transversal do eletroduto, não pode ser superior a:

- 53% no caso de um condutor (fio ou cabo).
- 31% no caso de dois condutores (fios ou cabos); e
- 40% no caso de três ou mais condutores (fios ou cabos), como exemplificado na tabela 3.47.

Tabela 3.47

Eletroduto de PVC rígido rosqueável – classe A (NBR 6150).

Área útil ≥ três cabos (40%)	50,7	81,4	138,6	225,6	384,8	497,6	791,7	1 290,8	1 795,5
Diâmetro nominal (mm)	16	20	25	32	40	50	60	75	85

Nota: a área útil do eletroduto e respectivos acessórios de ligação devem possibilitar a instalação e retirada com facilidade dos condutores (fios e cabos), assim como deixar uma área livre, de maneira a permitir a dissipação do calor. Para tanto, o item 6.2.11.1.6-a da NBR 5410:2004 prescreve algumas restrições quanto à taxa máxima de ocupação dos condutores nos eletrodutos.

Agora, é possível dimensionar os trechos de eletroduto do tipo PVC rígido rosqueável, no qual deverão ser instalados os circuitos com os seguintes dimensionamentos:

- Trecho A: circuito 1 (3#1,5 mm²), circuito 1a (3#1,5 mm²) e circuito 3 (3#2,5 mm²) – Pela tabela 3.46, área total = 3 · 6,2 + 3 · 6,2 + 3 · 9,1 = 18,6 + 18,6 + 27,3 ∴ área total = 64,5 mm².
- Trecho B: circuito 2 (3#1,5 mm²) e circuito 4 (3#2,5 mm²) – Pela tabela 3.46, área total = 3 · 6,2 + 3 · 9,1 = 18,6 + 27,3 ∴ área total = 45,9 mm².

Calculada a área útil total ocupada pelos condutores internamente ao eletroduto e com o auxílio da tabela 3.47, dimensiona-se o diâmetro nominal do eletroduto a ser utilizado em cada um dos circuitos:



- **Circuitos 1, 1a e 3** – A área útil ocupada pelo total de condutores nesse trecho de eletroduto é de 64,5 mm². Consultando a tabela 3.47, considera-se a área útil de 81,4 mm²; portanto, o diâmetro nominal do eletroduto deve ser de 20 mm.
- **Circuitos 2 e 4** – A área útil ocupada pelo total de condutores nesse trecho de eletroduto é de 45,9 mm². Consultando a tabela 3.47, considera-se a área útil de 50,7 mm²; portanto, o diâmetro nominal do eletroduto deve ser de 16 mm.

Conhecendo todas as dimensões nominais dos trechos de eletrodutos a serem utilizados, pode-se construir a tabela 3.48.

Tabela 3.48

Correspondência entre circuitos terminais e dimensão nominal do eletroduto.

Circuitos terminais	Dimensão nominal do eletroduto (mm)
1 e 3	20
2 e 4	16
5 e 7	16
6	16
CD	25

Tabela 3.49

Quadro de previsão de cargas com diâmetro nominal dos eletrodutos.

Assim, para o eletroduto do circuito de distribuição, adota-se o diâmetro nominal de 25 mm, e, para o restante da instalação, de 20 mm, informação inserida no quadro de previsão de cargas (tabela 3.49).

Circuito	Tipo	Potência total	Tensão (V)	Corrente corrigida (A)	Secção nominal dos condutores de fase, neutro e terra (mm ²)	Diâmetro dos eletrodutos (mm)
1	Iluminação social	420 VA	127	4,73	1,5	20
2	Iluminação de serviço	200 VA	127	1,96	1,5	20
3	Pontos de tomada	1 200 VA	127	13,50	2,5	20
4	Pontos de tomada	1 900 VA	127	18,70	2,5	20
5	Pontos de tomada	1 800 VA	127	14,17	2,5	20
6	Ponto específico	6 400 W	220	29,09	4,0	20
7	Ponto específico	4 400 W	220	20,00	2,5	20
CD	Circuito de distribuição	13 853,47 W	220	62,97	16,0	25

3.8 Dimensionamento dos dispositivos de proteção

Os disjuntores para baixa tensão (BT) são dispositivos de proteção capazes de estabelecer, conduzir e interromper correntes de operação de um circuito não apenas em condições normais de trabalho, como também em condições anormais, limitando a ocorrência dessa grandeza em módulo e tempo de duração.

Dispositivos mal dimensionados podem causar incêndios ou choques elétricos. Além desses problemas, as seguintes situações colocam em risco a instalação elétrica, os eletrodomésticos e as pessoas:

- Excesso de aparelhos ligados na mesma tomada.
- Aparelhos de potência elevada instalados em redes elétricas com cabos subdimensionados.
- Uso de extensões executadas por pessoal não qualificado.
- Aumento da capacidade dos disjuntores por certos “profissionais” para mascarar um dimensionamento insuficiente dos cabos.

A norma NBR 5410:2004 estabelece quais devem ser as proteções para instalações elétricas residenciais. São elas:

- Proteção contra choques elétricos (básica, supletiva, adicional, uso de dispositivos DR, sistema SELV ou PELV).
- Proteção contra efeitos térmicos (riscos de queimadura, combustão ou degradação dos materiais, comprometimento da segurança de funcionamento dos componentes instalados).
- Proteção contra sobrecorrentes (sobrecarga, curto-circuito, proteção dos condutores de fase, proteção do condutor de neutro).
- Proteção contra sobretensões (temporárias, transitórias).

Além disso, a mesma norma obriga a utilização de disjuntor diferencial residual de alta sensibilidade ($I_{\Delta R} = 30 \text{ mA}$) em circuitos terminais das tomadas de corrente e pontos de utilização em:

- Cozinhas, locais com pisos e/ou revestimento não isolantes e áreas externas.
- Tomadas de corrente em área interna que possam ser utilizadas para alimentar algum equipamento em área externa.
- Aparelhos de iluminação instalados em área externa.
- Banheiros.
- Instalações alimentadas por rede de distribuição pública onde não puder ser garantida a integridade do condutor PEN (Protection Earth + Neutro).

Os circuitos não relacionados nas recomendações e exigências citadas são protegidos por disjuntores termomagnéticos (DTM).

O disjuntor termomagnético somente é ligado ao condutor de fase e o disjuntor diferencial residual, aos condutores de fase e neutro dos circuitos; o neutro não pode ser aterrado após o DR nem seccionar o condutor de proteção.



O interruptor diferencial residual deve ser utilizado, no circuito a ser protegido, complementando o dispositivo de proteção de sobrecorrente (disjuntor termomagnético), com o DTM instalado antes do interruptor DR.

Quando a proteção é feita com DR, é preciso tomar cuidado com o tipo de aparelho a ser instalado, como chuveiros, torneiras elétricas e aquecedores de passagem com carcaça metálica e resistência nua, pois estes apresentam fugas de corrente muito elevadas, não permitindo que o DR permaneça ligado. Por representarem um risco à segurança das pessoas, recomenda-se a substituição desses aparelhos por aqueles com carcaça plástica ou resistência blindada.

Os disjuntores devem ser especificados (identificados) de maneira adequada, para assegurar e garantir a proteção contra curto-circuito e sobrecarga, seguindo rigorosamente as normas atualmente existentes (tabela 3.50):

- NBR NM 60898 – Normatiza os disjuntores especialmente projetados para serem manipulados por usuários leigos, ou seja, pessoas não qualificadas, e para não sofrerem manutenção (normalmente instalações residenciais ou similares).
- NBR IEC 60947-2 – Normatiza os disjuntores manipulados por pessoas qualificadas, ou seja, com formação técnica, e para sofrerem ajustes e manutenção (normalmente para instalações industriais ou similares).

Tabela 3.50

Diferentes categorias de disjuntores BT e suas normas.

Categoria	Características	Norma	Correntes nominais	Aplicações
Minidisjuntores – Disjuntores para instalações domésticas e análogas	Construção modular, montagem em trilho (quando padrão DIN) • Disparador não ajustável	IEC 60898	0,5 a 125 A	Proteção de circuitos terminais em instalações com tensão de no máximo $440 V_{CA}$
Disjuntores para uso geral: • Disjuntores em caixa moldada • Disjuntores de potência	Construção consagrada e tecnologia em constante aperfeiçoamento. Ampla variedade de disparadores e acessórios. Ao lado da tradicional construção aberta, versões em invólucros isolantes. Unidades de disparo versáteis e com amplos recursos, incluindo comunicação.	IEC 60947-2	40 a 3200 A 630 a 6300 A	Proteção de circuitos principais, de distribuição e terminais Proteção do quadro geral (QGBT)

3.8.1 Disjuntor termomagnético

O disjuntor termomagnético apresenta as seguintes características nominais:

- número de polos;
- tensão nominal;
- frequência;

- capacidade de ruptura (kA);
- corrente nominal (A);
- curva de disparo;
- faixa de ajuste do disparador magnético (opcional);
- faixa de ajuste do disparador térmico (opcional).

Capacidade de ruptura (kA) é o maior valor da corrente de curto-circuito que o dispositivo é capaz de interromper sem soldar os contatos ou explodir.

Os disjuntores de baixa tensão atuam em uma faixa situada dentro das curvas de tempo x corrente de seus disparadores. Essas curvas são compostas normalmente por duas partes: uma com características de curva a tempo inverso (disparador térmico) e outra com características de atuação a tempo curto ou instantâneo (disparador magnético).

Na proteção de circuitos que alimentam cargas com características resistivas, como lâmpadas incandescentes, chuveiros, torneiras, aquecedores elétricos e circuitos de tomadas de uso geral, utilizam-se disjuntores de curva B.

Para aplicações que se referem à proteção de circuitos que alimentam cargas indutivas e que apresentam picos de corrente no momento da partida, como micro-ondas e motores para bombas, utilizam-se disjuntores de curva C.

Tanto os disjuntores de curva B como os de curva C protegem integralmente os condutores elétricos da instalação contra curto-circuito e sobrecarga. No entanto, em instalações residenciais ou similares, costuma-se usar os disjuntores de curva B, pois protegem a instalação de maneira mais eficaz contra os curtos-circuitos de baixa intensidade.

A norma IEC 60898 define para o disparo instantâneo, em geral magnético, as faixas de atuação para as curvas B, C e D:

- Curva B: de 3 a 5 I_n .
- Curva C: de 5 a 10 I_n .
- Curva D: de 10 a 20 I_n .

Todos os circuitos devem ter um tipo de proteção e pelo menos um polo. A norma NBR 5410:2004 exige que todo circuito terminal seja protegido contra sobrecorrente por dispositivo que assegure o seccionamento simultâneo de todos os condutores fase (figura 3.14). Ressalte-se que os dispositivos unipolares montados lado a lado, apenas com suas alavancas de manobra acopladas, não são considerados dispositivos multipolares.

Nota

Não é recomendado o uso de fusíveis em circuitos terminais residenciais, pois eles não conseguem garantir que todos os condutores de fase sejam seccionados simultaneamente caso ocorra sobrecarga no circuito elétrico.

De acordo com a norma para disjuntores termomagnéticos (corrente de sobrecarga), há duas condições para dimensionamento do disjuntor (figura 3.15):



$$I_B \leq I_n \leq I_Z \begin{cases} I_B \leq I_n, \text{ em que } I_B \text{ é a corrente do projeto} \\ I_n \leq I_Z, \text{ em que } I_Z \text{ é a máxima capacidade de condução de corrente do condutor} \end{cases}$$

$$I_2 \leq 1,45 I_Z \begin{cases} I_2 = \alpha I_n; \text{ pela NBR IEC 60898, } \alpha = 1,45 \\ \alpha I_n \leq 1,45 I_Z \text{ ou } 1,45 I_n \leq 1,45 I_Z \Rightarrow I_n \leq I_Z \end{cases}$$

em que:

- I_n é a corrente nominal do dispositivo de proteção (disjuntor).
- I_2 , a corrente convencional de atuação.
- α vale:

- pela NBR IEC 60947-2: 1,30 a quente a 30 °C;
- pela NBR 5361: 1,35 a frio a 25 °C;
- pela NBR IEC 60898: 1,45 a quente a 30 °C;
- pela NBR 11840: 1,60.

Figura 3.14
Curvas do DTM.

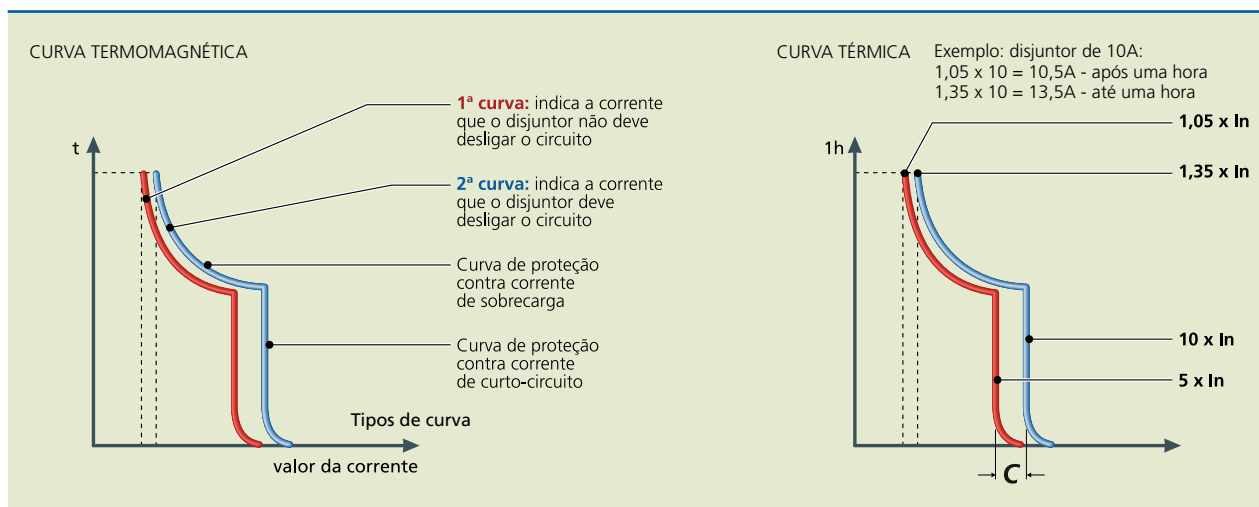
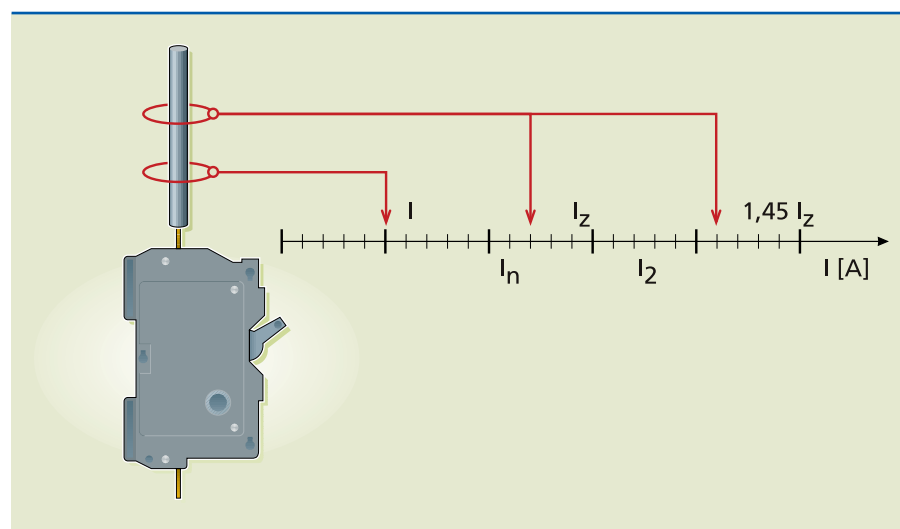


Figura 3.15
Proteção contra sobrecarga do DTM.



Além dessas informações, é necessário consultar a norma para disjuntores termomagnéticos referente à corrente de curto-circuito, segundo a qual o dispositivo de proteção deve estar coordenado com o condutor a fim de proteger o fio contra sobreaquecimento.

A característica do condutor deve fazer parte dos cálculos na integral de Joule, calculada por:

$$I^2t \leq K^2 \cdot S^2 \quad (3.2)$$

em que:

- I^2t é a integral de Joule para o dispositivo de proteção.
- $K^2 \cdot S^2$ a integral de Joule para o condutor.

O fator K varia de acordo com o material do condutor e o tipo de isolamento. Normalmente, em instalações residenciais, utiliza-se o cobre; então, por exemplo: K = 115 para cobre com PVC e K = 135 para cobre com EPR ou XLPE, conforme mostra a tabela 3.51.

Assim, duas condições têm de ser atendidas:

$$\Rightarrow \text{Primeira condição: } I_R \geq I_{CC} \quad (3.3)$$

em que:

- I_R é a corrente de ruptura do DTM.
- I_{CC} , a corrente de curto-circuito presumida no ponto da instalação.

$$\Rightarrow \text{Segunda condição: } T_{dd} \leq t, \text{ sendo } t = S^2 \cdot K^2 / I_{CC}^2 \quad (3.4)$$

em que:

- T_{dd} em função de I_{CC} é o tempo de disparo do DTM.
- T , o tempo-limite de atuação do DTM.
- S , a seção nominal do condutor.
- K , a constante relacionada ao material do condutor (tabela 3.51).

Material do condutor	Material da isolamento	
	PVC	EPR ou XLPE
Cobre	K = 115	K = 135
Alumínio	K = 74	K = 87

Tabela 3.51
Constante K.



Figura 3.16

Proteção contra curto-circuito do DTM.

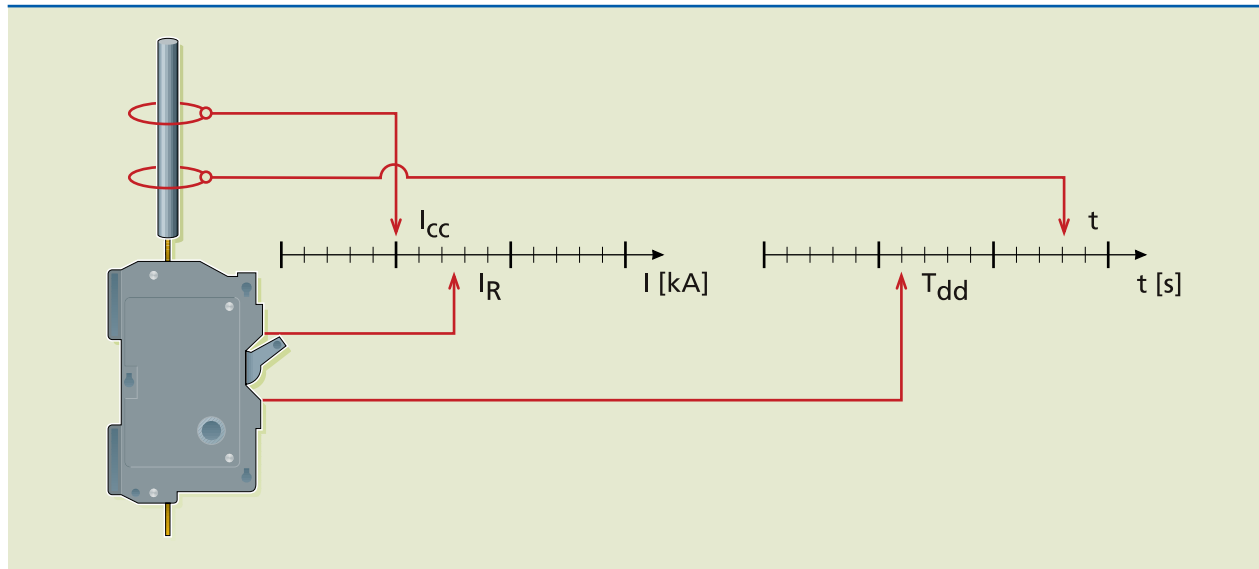
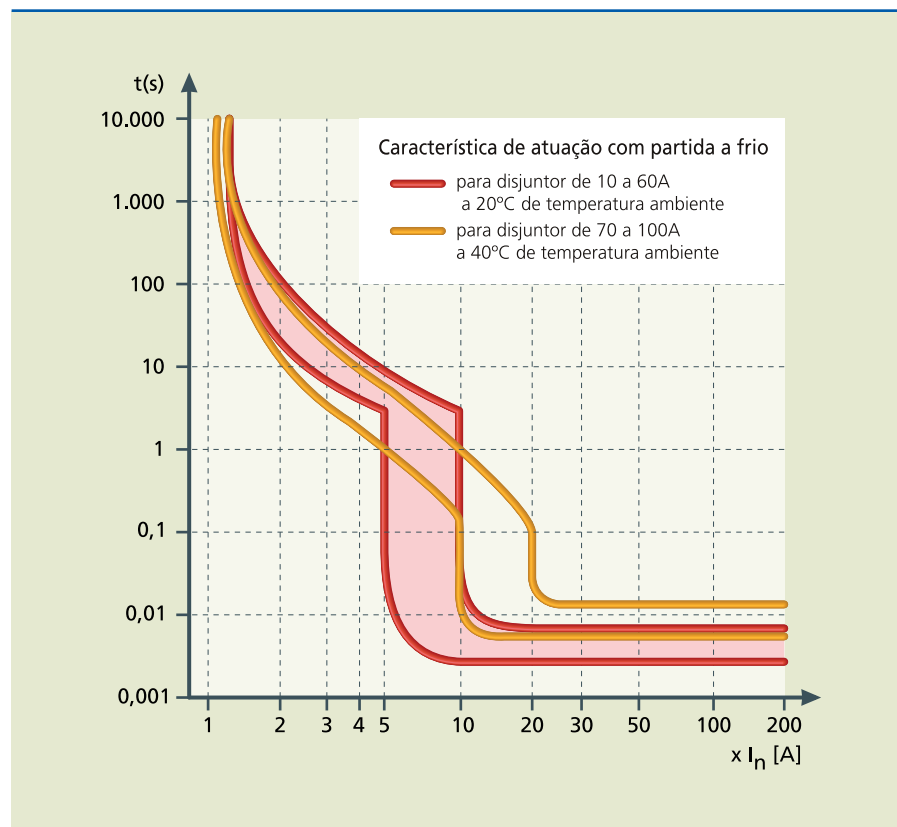


Figura 3.17

Curva de atuação de um disjuntor.



Limiar de atuação magnética:

- 10 a 60 A → 5 a 10 I_N
- 70 a 100 A → 10 a 20 I_N

Tabela 3.52

Capacidade de interrupção (kA).

Tensão de funcionamento (V)	Número de polos		
	1	2	3
127	5,0	–	–
220	3,0	5,0	5,0
380	–	4,5	3,0

Utilizaremos a equação da corrente de curto-circuito em circuitos trifásicos de 220 V/380 V para determinar o valor da I_{CC} presumida para condutores de cobre com $S \leq 50 \text{ mm}^2$, mas não podemos esquecer que, para circuitos monofásicos de 220 V, devemos dobrar o valor do comprimento L, conforme a equação a seguir:

$$I_{CC} = 22 / [(484 / I_{CC0}^2) + (100 \cdot \cos\Phi_{CC0} \cdot L / I_{CC0} \cdot S) + (5 \cdot L^2 / S^2)]^{-1/2} \quad (3.5)$$

⇒ Inicialmente, faremos o cálculo da corrente de curto-circuito presumida no ponto da instalação (QD) e usaremos esse dado como referência para dimensionar todos os disjuntores da instalação em atendimento à norma. Para calcular a I_{CC} do QD, utilizaremos os dados obtidos no projeto da instalação elétrica:

- Tipo de fornecimento bifásico feito a três fios (duas fases e um neutro) – Tensões: 127 V/220 V.
- Material do condutor: cobre, com seção nominal de 16 mm^2 .
- Comprimento do QM ao QD: 6,50 m.
- I_{cc} na origem (concessionária de energia): 2 kA.
- $1,5 \text{ kA} \leq 2 \text{ kA} \leq 3 \text{ kA}$; assim, $\cos\Phi_{CC0} = 0,90$.

Aplicando a fórmula:

$$I_{CC} = \frac{22}{\sqrt{\frac{484}{2^2} + \frac{100 \cdot 0,90 \cdot (2 \cdot 6,50)}{2 \cdot 16} + \frac{5 \cdot (2 \cdot 6,50)^2}{16^2}}} = 1,7 \text{ kA} \quad (3.6)$$

Portanto, a corrente de curto-circuito presumida do QD é igual a 1,7 kA.

⇒ Dimensionamento do disjuntor do circuito 4 – pontos de tomada da cozinha tipo de proteção DTM + DR, em que $I_B = 18,70 \text{ A}$ (corrente do circuito), seção do condutor $2,5 \text{ mm}^2$, em que $I_Z = 24 \text{ A}$. (Obs.: apresentaremos apenas o dimensionamento de um dos circuitos.)

Pela IEC 60898, I_n é a corrente que o disjuntor pode suportar em regime ininterrupto, a uma temperatura de referência especificada ($30 \text{ }^\circ\text{C}$, temperatura ambiente de referência) e I_n pode ser: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 e 125 A (veja catálogo do fabricante de disjuntores).



Verificaremos se esses valores atendem às duas condições: $I_B \leq I_N \leq I_Z$ e $I_N \leq I_Z$.

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \Rightarrow 18,7 \leq I_N \leq 24$$

Nesse caso, só pode ser $I_N = 20$ A.

$$I_N \leq I_Z \Rightarrow 20 \leq 24 \text{ (atende à segunda condição)}$$

Como a instalação é residencial, deve-se obedecer à norma NBR NM 60898, que regulamenta o uso de disjuntores em instalações residenciais. Tensão do circuito de 127 V_{AC} implica disjuntor monopolar. Portanto, o disjuntor será monopolar e especificado com $I_n = 20$ A. Consultando a tabela 3.53, veremos que nosso disjuntor terá capacidade de interrupção em 5 kA.

Tabela 3.53
Capacidade de interrupção (kA).

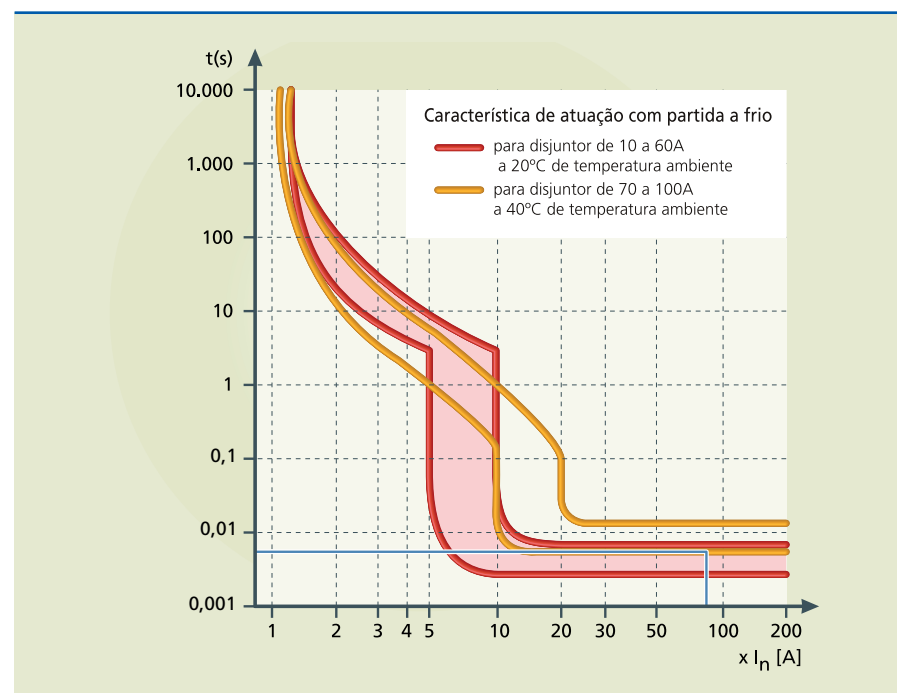
Tensão de funcionamento (V)	Número de polos		
	1	2	3
127	5,0	–	–
220	3,0	5,0	5,0
380	–	4,5	3,0

Assim:

$$\Rightarrow I_R = 5 \text{ kA e } I_{CC} = 1,7 \text{ kA: atende à condição } I_R > I_{CC}.$$

$\Rightarrow I_{CC}/I_N = 1700/20$, portanto igual a 85; entrando na curva de atuação do disjuntor com este valor, encontraremos o valor para T_{dd} (figura 3.18).

Figura 3.18
Curva de atuação de um disjuntor para $I_{CC}/I_n = 85$ do exemplo.



Pela intersecção na curva de atuação do disjuntor, o tempo de desarme é $T_{dd} = 0,008$ s.

Considerando a outra condição, podemos calcular o tempo admissível por:

$$t = S^2 \cdot K^2 / I_{CC}^2 \quad (3.7)$$

em que:

- S é a seção nominal do condutor.
- K , o material de isolamento do condutor.
- I_{CC} , a corrente de curto-circuito presumida.

Então:

$$t = 2,5^2 \cdot 115^2 / 1700^2 \Rightarrow t = 6,25 \cdot 13225 / 289 \cdot 10^4$$

Portanto, $t = 0,0286$ s. Como $T_{dd} < t$, a condição foi atendida.

O disjuntor termomagnético monopolar de 20 A atende e garante a proteção desejada.

A especificação completa e correta para o DTM aqui dimensionado é: disjuntor monopolar termomagnético em caixa moldada, tensão nominal de 127 V, corrente nominal de 20 A a 30 °C, frequência nominal de 50/60 Hz, faixa de atuação instantânea categoria C, capacidade de interrupção nominal em 5 kA em 127 V, de acordo com a NBR IEC 60898.

Como o circuito é para pontos de tomada da cozinha, é ideal a colocação de proteção diferencial residual. Portanto, a corrente nominal (I_n) do dispositivo DR tem de ser maior ou igual à corrente do disjuntor termomagnético a ser utilizado, e a corrente diferencial residual deve ser obrigatoriamente de 30 mA (alta sensibilidade).

3.8.2 Dispositivos DR

O disjuntor de proteção diferencial residual (DR) segue as normas NBR IEC 61008 e NBR IEC 61009 para disjuntores residenciais.

O DR funciona com um sensor que mede as correntes que entram e saem no circuito. As duas apresentam o mesmo valor, porém com direções contrárias à da carga. Se chamarmos a corrente que entra na carga de +I e a que sai de -I, a soma das correntes, portanto, é igual a zero. A soma só não será igual a zero se houver corrente fluindo para a terra, como no caso de um choque elétrico.

O DR deve ser instalado em série com os disjuntores: se for utilizado um único DR, após o disjuntor geral; se houver um DR para cada circuito, além do principal, após cada disjuntor de saída (ou parciais ou alimentadores).



Para facilitar a detecção do defeito, aconselha-se proteger cada aparelho com dispositivo diferencial. Caso isso seja inviável, é preciso separá-los por grupos que possuam características semelhantes, por exemplo: circuito de tomadas, circuito de iluminação etc. (a instalação está conforme recomendação do fabricante de disjuntores de proteção diferencial).

As principais recomendações na instalação do DR são:

- O fio terra (proteção) nunca pode passar pelo disjuntor diferencial.
- O neutro não pode ser aterrado depois de ter passado pelo disjuntor diferencial (figuras 3.19 e 3.20).

Figura 3.19
Instalação do disjuntor com proteção diferencial – CEMIG.

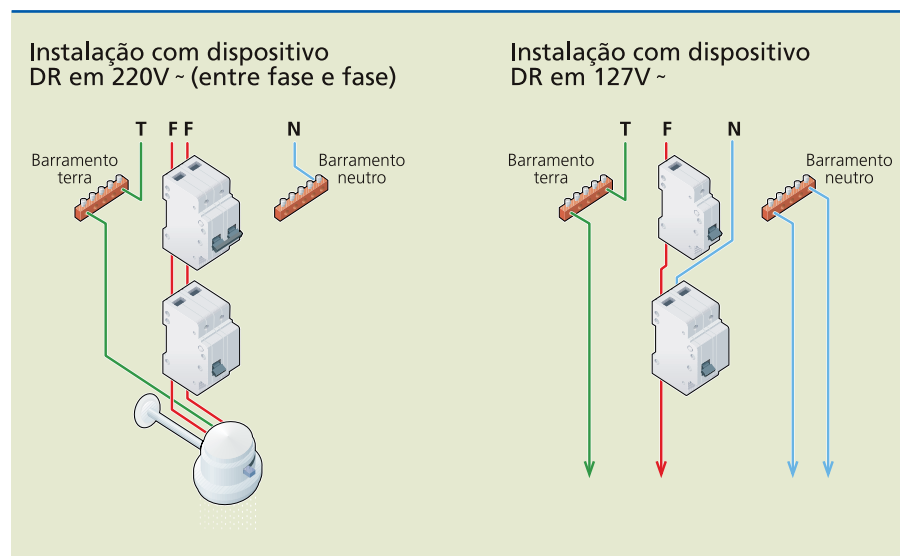


Figura 3.20
Disjuntor com proteção diferencial.



Voltando ao exemplo deste capítulo, vamos dimensionar o circuito 4. Nesse caso, optaremos pelo DR bipolar de corrente nominal de 25 A a 30 °C, sensibilidade de 30 mA, tensão nominal de 127 V_{CA}, frequência nominal de 60 Hz, faixa de atuação instantânea categoria C, capacidade de interrupção nominal em 5 kA em 127 V_{CA}, de acordo com a NBR IEC 60898.

Portanto, o quadro de previsão de cargas ficará completo (tabela 3.54).

Circuito	Tipo	Potência total	Tensão (V)	Corrente corrigida (A)	Seção nominal dos condutores de fase, neutro e terra (mm ²)	Diâmetro do eletroduto (mm)	Disjuntor		
							Tipo	Polos	I (A)
1	Iluminação social	420 VA	127	4,73	1,5	20	DTM	1	10
2	Iluminação de serviço	200 VA	127	1,96	1,5	20	DTM	1	10
3	Pontos de tomada	1 200 VA	127	13,50	2,5	20	DR	2	15
4	Pontos de tomada	1 900 VA	127	18,70	2,5	20	DR	2	20
5	Pontos de tomada	1 800 VA	127	14,17	2,5	20	DR	2	15
6	Ponto específico	6 400 W	220	29,09	4,0	20	DR	2	30
7	Ponto específico	4 400 W	220	20,00	2,5	20	DR	2	25
CD	Circuito de distribuição	13 853,47 W	220	62,97	16,0	25	DTM	2	70

Tabela 3.54

Quadro completo de previsão de cargas

3.8.3 Dispositivos de proteção contra surtos (DPS)

Diversas interferências podem ocorrer em instalações elétricas, ocasionando perturbações. O resultado de algumas dessas interferências são os surtos. Assim, determinadas ocorrências fazem com que os condutores de fase e neutro dos circuitos sejam submetidos a sobretensões, que por vezes chegam a atingir o valor da tensão entre fases. Portanto, é necessário proteger os circuitos contra essas sobretensões e perturbações eletromagnéticas. Algumas delas são:

- Perda do condutor neutro em sistemas trifásicos com neutro, bifásicos com neutro e monofásicos a três condutores, em esquemas TN e TT.
- Falta de terra envolvendo um dos condutores de fase em um esquema IT.

Quando qualquer um desses fatos ocorrer, deve-se prover a instalação de proteção contra essas sobretensões transitórias. Isso pode ser feito utilizando dispositivos de proteção contra surtos (DPS) ou outros meios, equivalentes ao DPS, que garantam a atenuação das sobretensões.

Havendo necessidade de usar DPS, como prevê o item 5.4.2.1.1 da NBR 54190:2004, sua disposição deve respeitar os seguintes critérios, conforme o item 6.3.5.da NBR 5410:2004:



a) Quando o objetivo for a proteção contra sobretensões de origem atmosférica transmitidas pela linha externa de alimentação, bem como a proteção contra sobretensões de manobra, os DPS devem ser instalados junto ao ponto de entrada da linha na edificação ou no quadro de distribuição principal, localizado o mais próximo possível do ponto de entrada.

b) Quando o objetivo for a proteção contra sobretensões provocadas por descargas atmosféricas diretas sobre a edificação ou em suas proximidades, os DPS devem ser instalados no ponto de entrada da linha na edificação.

Os DPS são dispositivos que, em regime anormal de serviço, atuam rapidamente, abrindo um caminho de baixa impedância assim que for detectada uma sobretensão.

Existem diferentes tecnologias de DPS, cada qual indicada para determinada situação:

- As normas IEC/EN definem DPS classe/tipo 1 para proteção de circuitos sujeitos a efeitos de descargas diretas.
- A NBR 5410:2004 define corrente de descarga nominal do DPS classe 2 para a proteção dos circuitos sujeitos aos efeitos de descarga indireta.

A ligação do DPS segue as orientações da NBR 5410:2004, item 6.3.5.2.2:

a) A ligação ao BEP ou à barra PE depende do local exato em que os DPS serão instalados e de como o BEP é implementado, na prática. Assim, a ligação será no BEP quando:

- O BEP se situar a montante (antes) do quadro de distribuição principal (com o BEP localizado, como deve ser, nas proximidades imediatas do ponto de entrada da linha na edificação) e os DPS forem instalados então junto do BEP, e não no quadro.
- os DPS forem instalados no quadro de distribuição principal da edificação e a barra PE do quadro acumular a função de BEP.

Por consequência, a ligação será na barra PE, propriamente dita, quando os DPS forem instalados no quadro de distribuição e a barra PE do quadro não acumular a função de BEP.

b) A hipótese configura um esquema que entra TN-C e que prossegue instalação adentro TN-C, ou que entra TN-C e em seguida passa a TN-S (aliás, como requer a regra geral do item 5.4.3.6). O neutro de entrada, necessariamente PEN, deve ser aterrado no BEP, direta ou indiretamente. A passagem do esquema TN-C a TN-S, com a separação do condutor PEN de chegada em condutor neutro e condutor PE, seria feita no quadro de distribuição principal (globalmente, o esquema é TN-C-S).

c) A hipótese configura três possibilidades de esquema de aterramento: TT (com neutro), IT com neutro e linha que entra na edificação já em esquema TN-S.

d) Há situações em que um dos dois esquemas se torna obrigatório, como a do caso relacionado na alínea *b* do item 6.3.5.(NBR 5410).

Além dessas recomendações, devem ser seguidas as prescrições normativas da NBR 5410:2004 sobre a utilização de dispositivos contra sobretensões:

a) Os dispositivos de proteção contra sobretensões devem ser dispostos de forma a não pôr em perigo pessoas ou equipamentos que estejam próximos durante sua atuação.

b) As características dos dispositivos de proteção contra sobretensões devem ser tais que eles não atuem para tensões iguais ou inferiores à tensão mais elevada que possa haver na instalação em serviço normal.

c) Ao ser feita a seleção dos limitadores de sobretensão, devem ser observados os seguintes parâmetros: tensão nominal da instalação, nível de isolamento da instalação, maneira de ligação do limitador de sobretensão e valor máximo da energia dissipada.

d) O terminal de terra dos limitadores de sobretensão deve ser ligado por uma das seguintes maneiras:

- Um conjunto interligado, compreendendo todas as massas da instalação e todos os elementos condutores estranhos à instalação dos locais servidos por ela.
- um eletrodo de aterramento independente, que apresente uma resistência no máximo igual ao quociente do nível de isolamento mínimo da instalação, diminuído da tensão entre fases ou entre fase e neutro, conforme o modo de ligação do limitador, pela corrente máxima de falta para a terra referente à instalação de tensão mais elevada.

Os DPS devem atender à IEC 61643-1 e ser selecionados com base, no mínimo, nas seguintes características:

- nível de proteção;
- máxima tensão de operação contínua;
- suportabilidade a sobretensões temporárias;
- corrente nominal de descarga e/ou corrente de impulso;
- suportabilidade à corrente de curto-circuito.

Como critério geral, é preciso lembrar que, quando se utiliza o dispositivo DR como proteção adicional e os DPS forem instalados junto ao ponto de entrada da linha elétrica na edificação ou no quadro de distribuição principal, estes devem ser posicionados a montante (antes) do(s) dispositivo(s) DR.

A localização dos DPS destinados à **proteção de sinal** é descrita no item 5.4.2.da NBR 5410:2004.

Toda linha externa de sinal, seja de telefonia, de comunicação de dados, de vídeo, seja qualquer outro sinal eletrônico, deve ser provida de proteção contra surtos nos pontos de entrada e/ou saída da edificação, como estabelece o item 6.3.5.3:

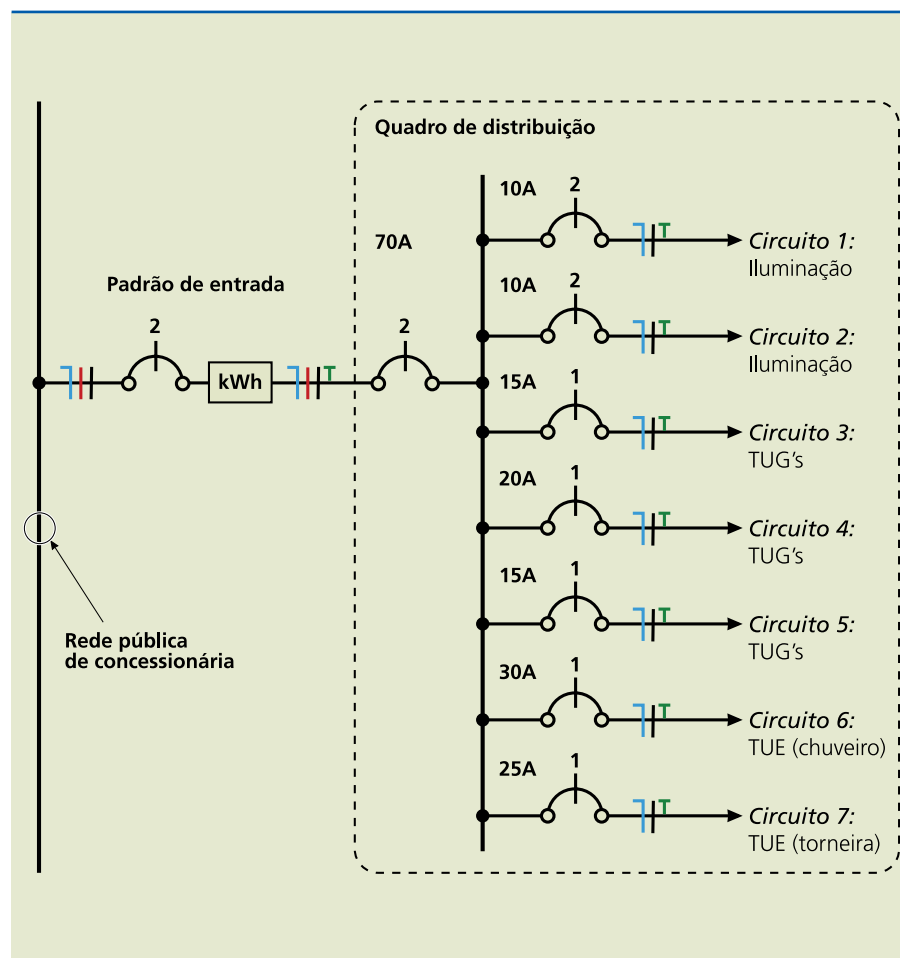


- a) No caso de linha originária da rede pública de telefonia, o DPS deve ser localizado no distribuidor geral (DG) da edificação, situado junto ao BEP.
- b) No caso de linha externa originária de outra rede pública que não a de telefonia, o DPS deve ser localizado junto ao BEP.
- c) No caso de linha que se dirija a outra edificação ou a construções anexas e, ainda, no caso de linha associada à antena externa ou a estruturas no topo da edificação, o DPS deve ser localizado junto ao BEL mais próximo (eventualmente, junto ao BEP quando o ponto de saída ou entrada de tal linha se situar, coincidentemente, próximo ao BEP).

3.9 Diagrama unifilar da instalação elétrica residencial

A figura 3.21 mostra o diagrama unifilar da instalação elétrica residencial estudada neste capítulo.

Figura 3.21
Diagrama unifilar de uma instalação elétrica.



3.10 Prumada elétrica

Prumada elétrica é um desenho esquemático que representa a instalação elétrica no plano vertical. Esse desenho não necessita de escala.

Normalmente, a prumada detalha a instalação completa. Por exemplo, ser for de um edifício, deve apresentar a interligação dos quadros, a potência instalada de cada quadro, a demanda provável, o disjuntor de entrada, o eletroduto e a seção do condutor entre os quadros.

Exemplo 1: a figura 3.22 mostra uma prumada elétrica.

Figura 3.22
Prumada elétrica.

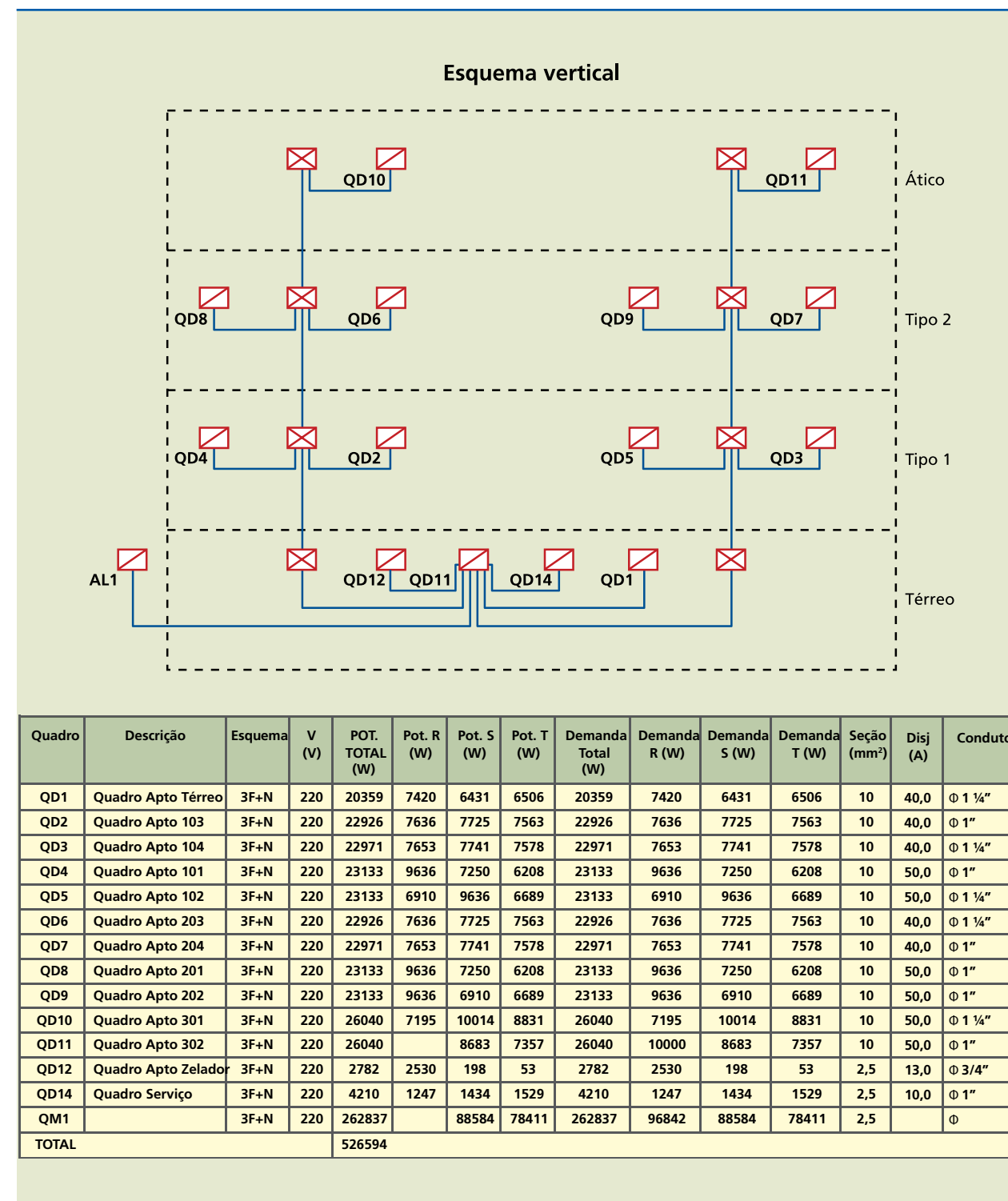
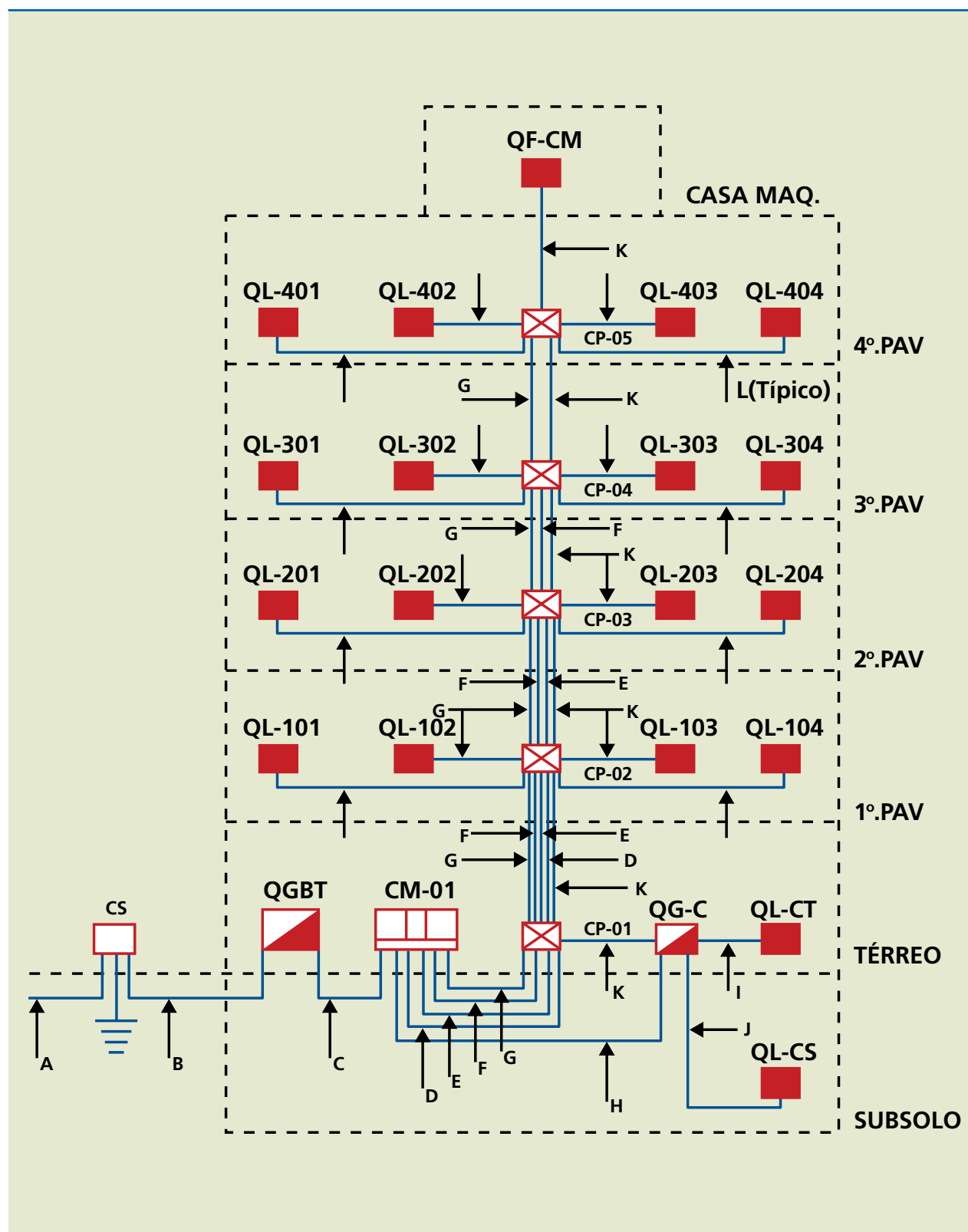


Figura 3.23
Prumada da instalação elétrica de um edifício de apartamentos.

Exemplo 2: a figura 3.23 mostra a prumada elétrica da instalação elétrica de um edifício residencial de uso coletivo.



3.11 Especificação técnica do material

Os produtos ou componentes elétricos a serem instalados devem estar em conformidade com as normas da ABNT, como descrito a seguir.

Quadro de distribuição – Para número de fases, com trilhos segundo a norma DIN EN 50022, tensão nominal de alimentação em V, corrente nominal em A, capacidade de curto-circuito em kA, grau de proteção IP, de acordo com a NBR 5410:2004.

Disjuntor em caixa moldada – Tensão nominal, corrente nominal a 30 °C, frequência nominal de 50/60 Hz, categoria da faixa de atuação instantânea, capacidade de interrupção nominal em kA em determinada tensão em V, de acordo com a NBR IEC 60898.

- Especificação de atuação: termomagnético, interruptor diferencial, disjuntor com proteção diferencial.
- Tipo: monopolar, bipolar, tripolar ou tetrapolar.
- I_N : depende do fabricante.
- Categorias da faixa de atuação instantânea: B e C.
- I_N do monopolar em: 120 V (127 V), 230 V (254 V), 230 V (400 V), 220 V (380 V).
- I_N do bipolar em: 230 V (254 V), 400 V (380 V), 120/240 V (127/254 V).
- I_N do tripolar ou tetrapolar em: 240 V (220 V), 400 V (380 V).
- V_N : tensão nominal do sistema ou do circuito terminal.

Condutor – Condutor isolado constituído de cobre (determinar classe), isolamento de PVC (especificar cor), tipo BWF, tensão de isolamento 450/750 V, seção nominal (determinar em mm²), de acordo com a NBR NM 247-3.

- Classes: Classe 1 – Fio de 0,5 a 16 mm²; Classe 2 – Cabo de 1,5 a 500 mm²; Classes 4/5 – Cabo flexível de 0,5 a 70 mm².
- Cores da isolamento: branco, preto, vermelho, cinza, azul-claro, verde e verde-amarelo.
- Seção nominal (mm²): 1,5 – 2,5 – 4 – 6 – 10 – 16 – 25 – 35 – 50 – 70 – 95 – 120 – 150 – 185 – 240 – 300.

Interruptor de luz – Tipo, corrente nominal em A, tensão nominal em V, grau de proteção, de acordo com a NBR NM 60669-1.

- Tipos: simples, paralelo, intermediário, bipolar simples, bipolar paralelo.
- I_N : 10, 15, 16, 20, 25, 32 A.
- V_N : 127 e 250V.

Tomada de corrente (padrão brasileiro) – Tipo, número de polos, corrente nominal em A, tensão nominal em V, grau de proteção, de acordo com a NBR 14136:2002.



- Tipo: embutir ou sobrepor.
- Polos: dois polos (2P); dois polos e terra (2P + T).
- I_N : 10 e 20 A.
- V_N : 250 V.
- Com três pinos redondos, em formato sextavado.

Eletroduto – Rígido de seção circular, material PVC, tipo, classe, tamanho nominal, de acordo com a NBR 6150.

- Tipo: rosqueável ou soldável.
- Classe: A ou B.
- Tamanhos nominais (mm): 16, 20, 25, ... (curvas de 45°, 90° e 135°, buchas e arruelas).

3.12 Lista de materiais

É necessário fazer a relação de todos os materiais que serão empregados na execução do projeto, com suas respectivas especificações e quantidades (tabela 3.54). A especificação dos componentes deve conter uma descrição sucinta e suas características nominais. A tabela 3.55 é uma representação parcial da listagem necessária.

Tabela 3.55
Lista de materiais.

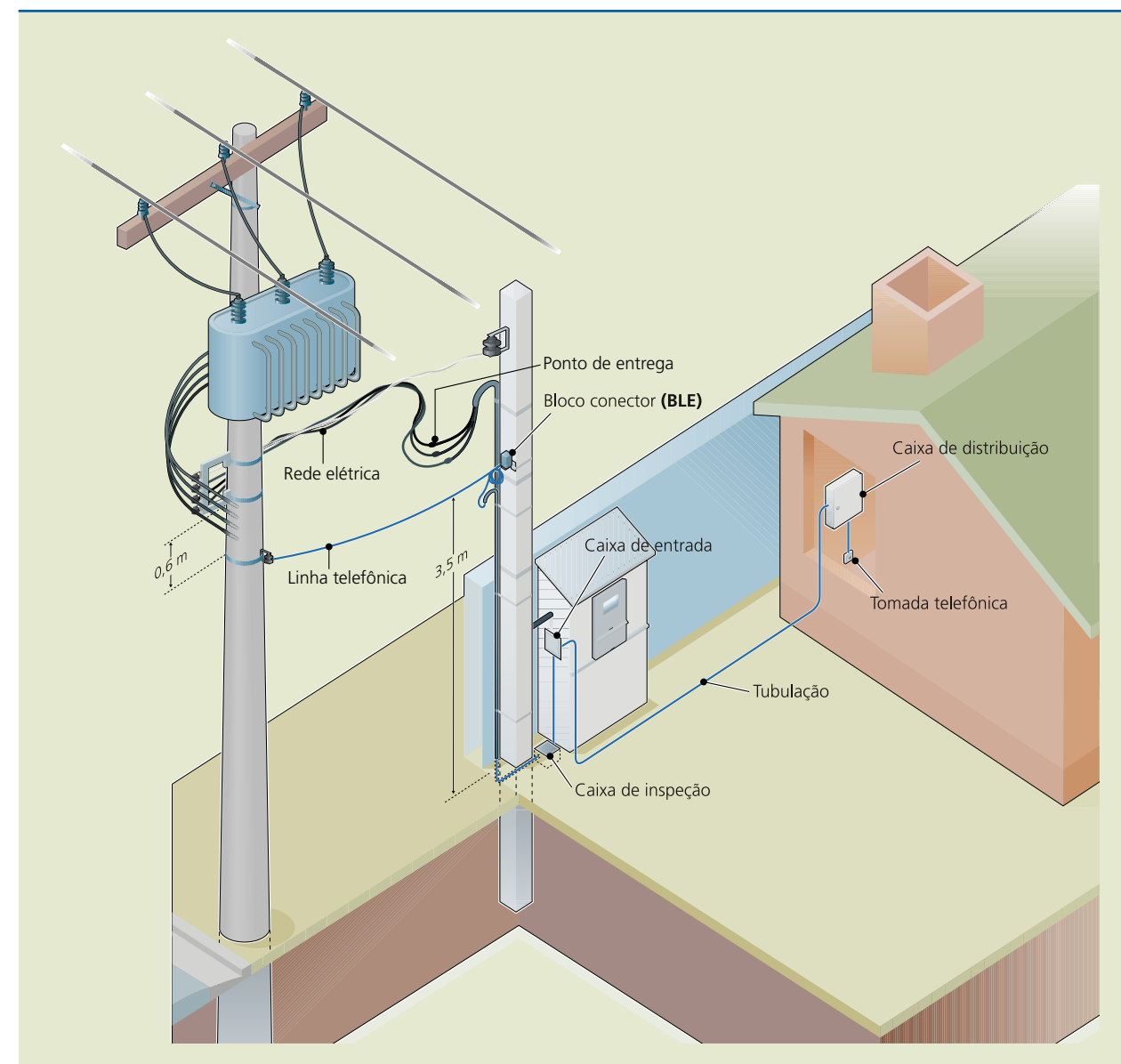
Componente	Cotação de preços		
	Qtde.	Unid. (R\$)	Total (R\$)
Disjuntor monopolar termomagnético em caixa moldada, tensão nominal de 127 V, corrente nominal de 10 A a 30 °C, 60 Hz, categoria C, capacidade de interrupção nominal em 5 kA em 127 V, de acordo com a NBR IEC 60898.	2	0,00	0,00

A aquisição dos componentes deve ser feita tomando como base a lista de material.

3.13 Projeto de instalação telefônica residencial

A entrada telefônica seria o equivalente ao padrão de entrada na instalação elétrica (figura 3.24 e tabela 3.56).

Figura 3.24
Entrada telefônica.



Afastamento mínimo da rede de energia elétrica	
Tensão da rede de energia elétrica	Afastamento mínimo
Até 600 V	0,60 m
Acima de 600 V	2 m

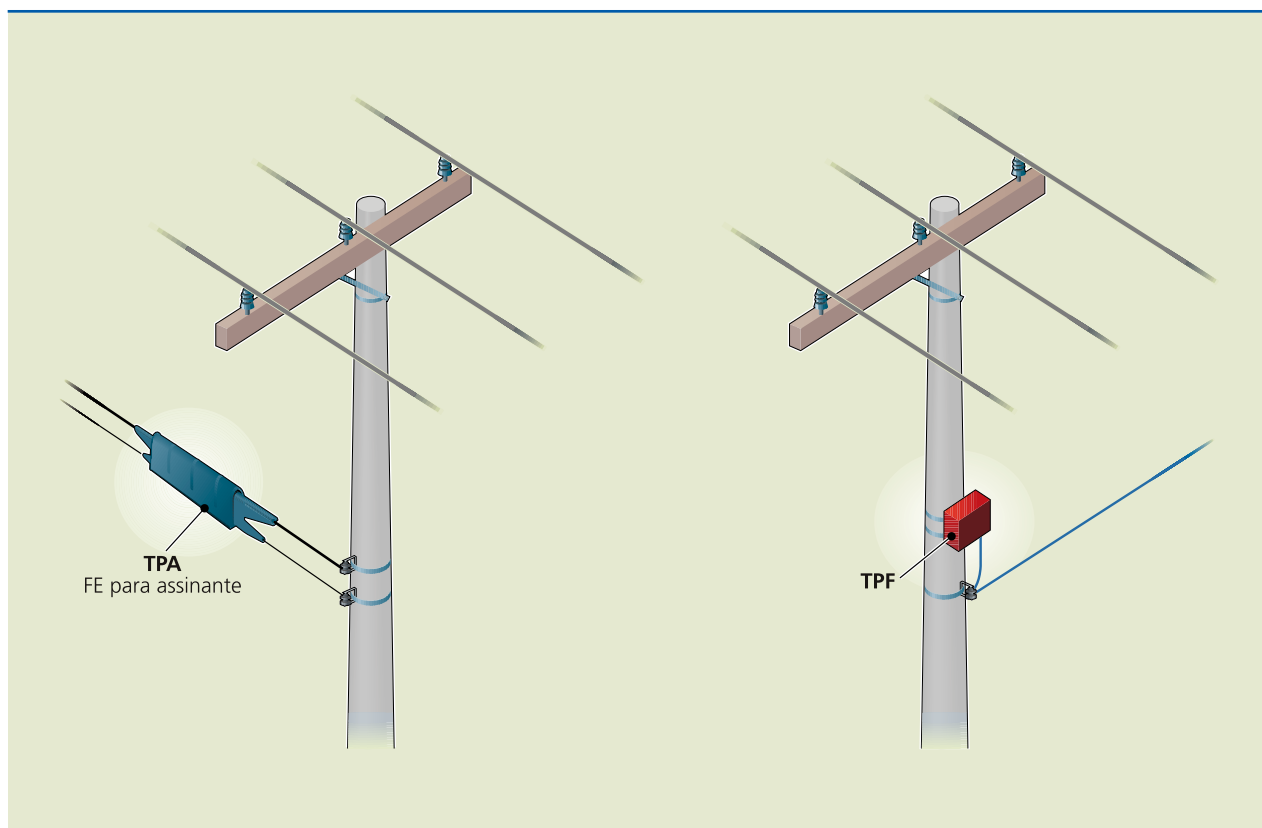
Tabela 3.56
Afastamento mínimo entre rede de energia e telefonia.
Fonte: Prática Telebrás 235-510-614



Figura 3.25

Caixa de emenda ventilada.

A **caixa de emenda ventilada (CEV)** fornece o par de fios FE que vai até a casa do assinante. Os principais tipos podem ser vistos na figura 3.25.



Quantificação de pontos telefônicos em edificações com até cinco pontos telefônicos	
Tipo de edificação	Nº de pontos
Casas com até dois dormitórios	1
Casas com três dormitórios	2
Casas com mais de quatro dormitórios	3

Tabela 3.57

Quantidade mínima de pontos de telefone.
Fonte: norma Telebrás

Quantificação de caixas para tomadas em edificações com até cinco pontos telefônicos	
Tipo de edificação	Nº mínimo de tomadas
Residencial	1 na sala 1 na copa ou cozinha 1 em cada dormitório

Tabela 3.58

Quantidade de caixas para tomadas de telefone.
Fonte: norma Telebrás

A localização das tomadas de telefonia (PT) é documentada na planta baixa (figura 3.26).

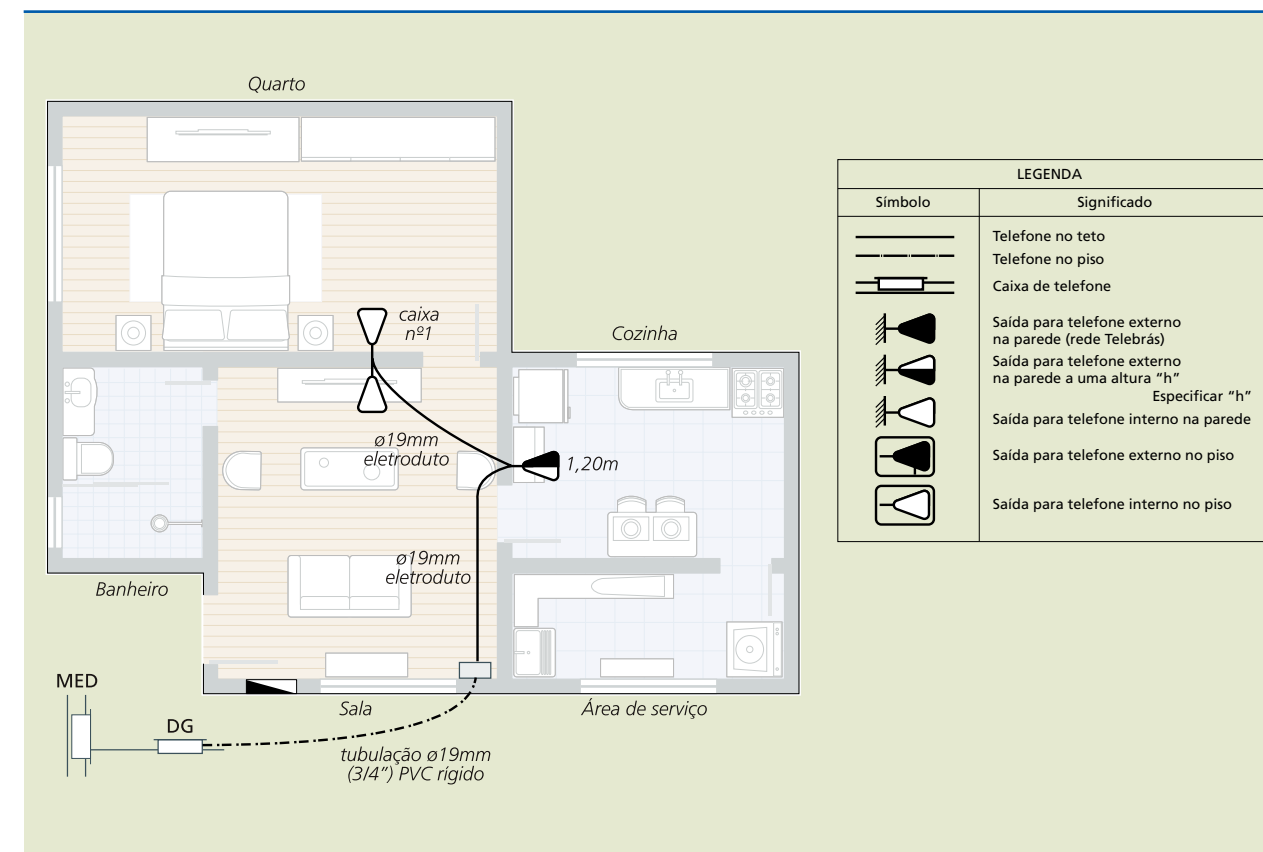
Figura 3.26

Instalação telefônica residencial.

As fases de um projeto telefônico são as seguintes:

- ART.
- Carta de solicitação de aprovação à concessionária.
- Memorial descritivo (documentação escrita).
- Planta contendo:
 - Localização e levantamento da quantidade de pontos telefônicos.
 - Localização do distribuidor geral.
 - Trajetos de eletrodutos e fios/cabos dentro da edificação.
 - Dimensionamento das tubulações.
 - Identificação dos fios/cabos telefônicos e eletrodutos.
 - Convenções.
- Esquemas verticais em edifícios (prumadas).
- Redes internas.
- Especificações.
- Lista de materiais.

Para determinarmos a localização de cada ponto telefônico, seguiremos os procedimentos da norma Telebrás (tabelas 3.57 e 3.58).

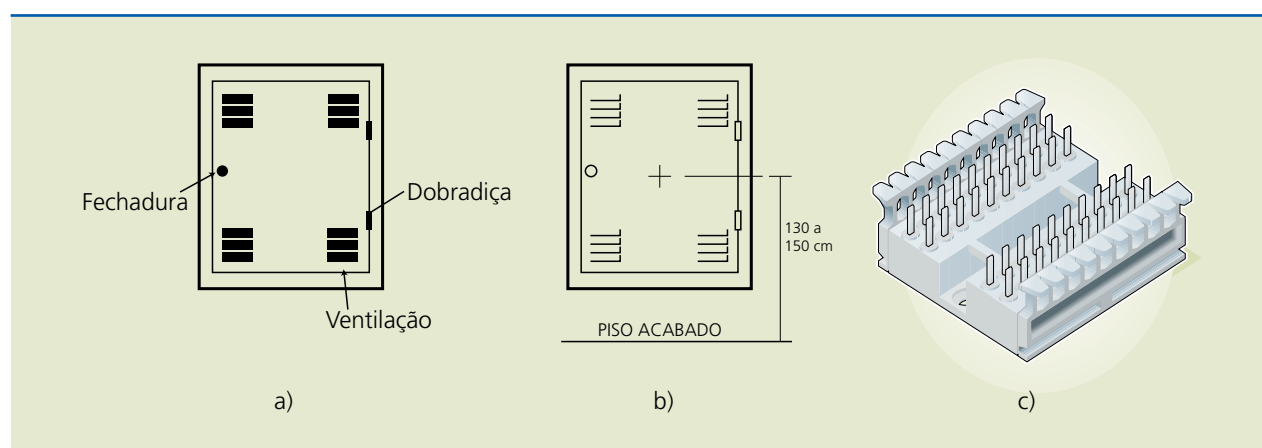


As **caixas telefônicas** são caixas metálicas providas de uma ou duas portas com dobradiças, fechadura padronizada e fundo de madeira compensada à prova d'água. Os principais tipos são: caixa de distribuição geral (DG), caixa de distribuição, caixa de passagem e caixa de saída.

No DG estão as linhas primárias que vêm da concessionária e os cabos de distribuição interna. Essas linhas servem para instalação de blocos terminais, fios e cabos telefônicos das redes interna e externa da edificação. Há blocos internos (BLI) para as redes externa e interna.

A localização do DG deve ser feita de modo a facilitar seu acesso, e seu dimensionamento depende da quantidade de linhas, ramais ou equipamentos que ele vai comportar (figura 3.27).

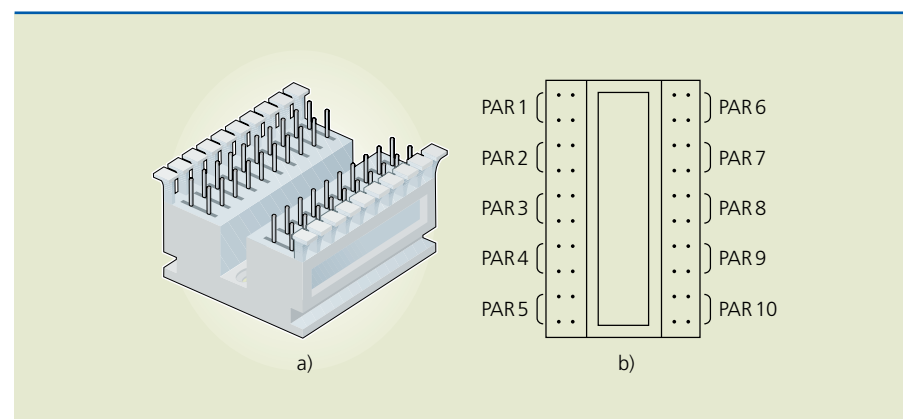
Figura 3.27
Caixa de distribuição:
(a) partes,
(b) especificação
de montagem e
(c) bloco interno.



A caixa de distribuição possui as seguintes características:

- Tem dimensões menores que o DG, mas aparência semelhante.
- É utilizada para instalação de blocos terminais, fios e cabos telefônicos da rede interna (figura 3.28).
- A numeração é feita de cima para baixo nos BLI's.
- Quando atende até seis pontos telefônicos, é considerada parte da rede secundária e somente poderão ser utilizados fios FI.

Figura 3.28
(a) Bloco terminal
e (b) ligação.



A caixa de passagem é usada para fios ou cabos telefônicos. Devem existir quantas caixas forem necessárias, distantes no máximo 18 m uma da outra, pois, em muitos casos, torna-se impossível a puxada dos cabos e fios.

As caixas de passagem podem ser de dois tipos:

- Direta: somente para a passagem de cabos telefônicos.
- Com derivação: prevista para passagem de cabos telefônicos com emendas.

As caixas de saída são utilizadas para instalação das tomadas, embutidas na parede ou no piso, semelhantes às caixas de passagem de instalações elétricas.

As **tomadas telefônicas** permitem ligar o aparelho telefônico em vários locais da residência, podendo ser instaladas em caixas de passagem ou fixadas diretamente em paredes (figura 3.29).

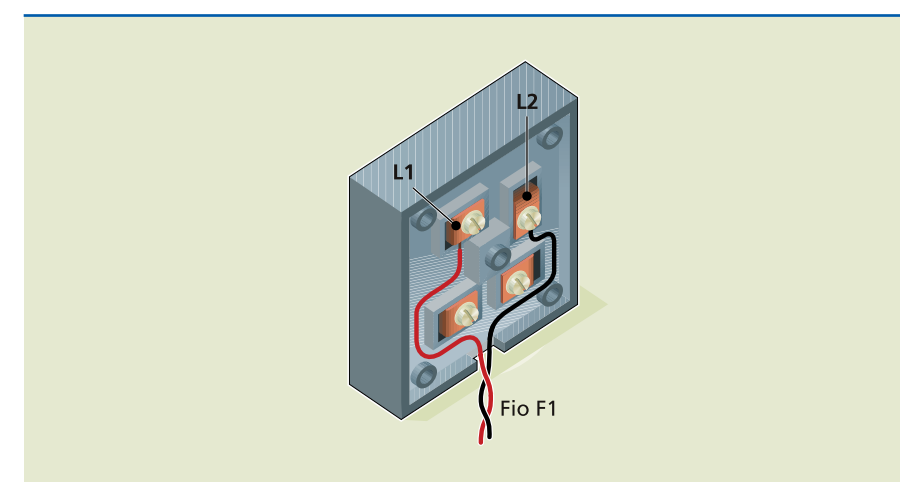


Figura 3.29
Detalhe da montagem.

Os passos para a montagem das tomadas telefônicas são os seguintes:

- Determinar o local em que será instalada a tomada (deverá ficar a 0,30 m do piso e a 0,10 m de cantos e quinas).
- Decapar aproximadamente 1,5 cm da extremidade dos dois condutores.
- Soltar os dois parafusos na frente e abrir a tomada.
- Afrouxar os parafusos da tomada dos dois pontos que não estão em paralelo.
- Fixar os condutores apertando os parafusos.
- Cortar as sobras dos condutores a fim de não causar curto-circuito nos fios da tomada.
- Fechar a tomada apertando os parafusos externos.

Os eletrodutos da instalação telefônica têm de ser independentes dos que servem a instalação elétrica, e nunca os eletrodutos da instalação elétrica devem ser aproveitados para passar os fios do telefone. Recomenda-se evitar o compartilhamento dos cabos da rede telefônica com cabos de antena ou interfone, assim como utilizar eletrodutos rígidos no lugar das mangueiras ou corrugados. O diâmetro interno da tubulação secundária deve ser de no mínimo 19 mm (figura 3.30).



Figura 3.30

Eletrodutos para telefonia.



DIMITRY GAWIKHEDIA.ORG

Pode-se usar eletroduto rígido em áreas descobertas ou externas, mas é preferível o tubo galvanizado com caixas de passagem a cada 15 m. Além disso, recomenda-se:

- Vedar com silicone todas as junções e caixas para evitar infiltração de água.
- Manter o eletroduto distante dos cabos e fios elétricos quando o cabeamento for aéreo e feito por eletrocalhas.

Os **eletrodutos secundários** são destinados à instalação da fiação telefônica interna de uma edificação. Para eletrodutos primários e secundários, o comprimento máximo é determinado de acordo com a quantidade de curvas existentes (tabela 3.59).

Tabela 3.59

Comprimento máximo dos eletrodutos.

Fonte: norma NBR 13822

Trechos		Comprimento máximo
Retilíneos	Verticais	15 m
	Horizontais	30 m
Com uma curva	Verticais	12 m
	Horizontais	24 m
Com duas curvas	Verticais	9 m
	Horizontais	18 m

O dimensionamento dos eletrodutos deve seguir a tabela 3.60.

Pares de fios na seção	Diâmetro interno (mm)	Quantidade
Até 5	19	1
De 6 a 21	25	1
De 22 a 35	38	1
De 36 a 140	50	2
De 141 a 280	75	2
Acima de 280	Usar poço de elevação	

Tabela 3.60

Dimensionamento do eletroduto para telefonia. Fonte: norma Telebrás

Para dimensionar as caixas de acordo com o número de PT, consulta-se a tabela 3.61.

Caixas	Dimensão interna (cm)			Quantidade de PT
	Altura	Largura	Profundidade	
Tomada ou passagem nº 0	10	5	5	1
Tomada ou passagem nº 1	10	10	5	2
Distribuição nº 2	20	20	7	3 a 5
De entrada	20 30	15 20	7	1 e 2 3 a 5

Tabela 3.61

Dimensionamento das caixas para telefonia. Fonte: norma Telebrás

A tabela 3.62a define as dimensões padronizadas para as caixas internas e a tabela 3.62b indica o número da caixa de acordo com o número de pontos nela acumulados.

Caixas	Dimensão interna (cm)		
	Altura	Largura	Profundidade
Nº 1	10	10	5,0
Nº 2	20	20	13,5
Nº 3	40	40	13,5
Nº 4	60	60	13,5

Tabela 3.62a

Dimensionamento das caixas internas para telefonia. Fonte: norma Telebrás



Caixas	Dimensão interna (cm)		
	Altura	Largura	Profundidade
Nº 5	80	80	13,5
Nº 6	120	120	13,5
Nº 7	150	150	16,8
Nº 8	200	200	21,8

Tabela 3.62b

Pontos acumulados na caixa	Caixa de distribuição geral	Caixa de distribuição	Caixa de passagem
Até 5	Nº 3	–	Nº 2
De 6 a 21	Nº 4	Nº 3	Nº 3
De 22 a 35	Nº 5	Nº 4	Nº 3
De 36 a 70	Nº 6	Nº 5	Nº 4
De 71 a 140	Nº 7	Nº 6	Nº 5
De 141 a 280	Nº 8	Nº 7	Nº 6
Acima de 280	Sala e poço de elevação		

Para a interligação das tomadas de telecomunicações, emprega-se o fio FI 60 nos blocos terminais internos instalados nas caixas de distribuição. O fio é isolado em PVC e constituído de um par de condutores de cobre estanhado de 0,64 mm de diâmetro.

As normas aplicáveis à interligação das tomadas são as SPT 235-310-704 (Telebrás), que recomendam o fio FI 60 para uso interno na ligação de aparelhos domiciliários, instalados em tubulações ou presos em rodapés. Para rede interna, são utilizados cabos telefônicos do tipo CI, com condutores de cobre estanhado, de 0,5 mm de diâmetro (figura 3.31).

Figura 3.31



O código de cores dos cabos é apresentado na tabela 3.63.

Grupo 1	
Cor	Abreviação
Branco	Br
Vermelho ou encarnado	Vm
Preto	Pr
Amarelo	Am
Violeta ou roxo	Vt ou Rx
Grupo 2	
Cor	Abreviação
Azul	Az
Laranja	Lr
Verde	Vd
Marrom	Mr
Cinza	Cz

Tabela 3.63

Código de cores dos cabos.
Fonte: norma Telebrás

Par	Cor	Par	Cor
01	Br/Az	14	Pr/Mr
02	Br/Lr	15	Pr/Cz
03	Br/Vd	16	Am/Az
04	Br/Mr	17	Am/Lr
05	Br/Cz	18	Am/Vd
06	Vm/Az	19	Am/Mr
07	Vm/Lr	20	Am/Cz
08	Vm/Vd	21	Vt/Az
09	Vm/Mr	22	Vt/Lr
10	Vm/Cz	23	Vt/Vd
11	Pr/Az	24	Vt/Mr

Tabela 3.64

Combinações possíveis dos pares de cores.



Par	Cor	Par	Cor
12	Pr/Lr	25	Vt/Cz
13	Pr/Vd	–	–

Para a identificação da cor do par de um cabo, adota-se o seguinte o procedimento:

- De 26 a 50:
 - Subtrair 25 do número do par, obtendo, assim, um número de 01 a 25.
 - Consultar a tabela 3.62b. Ex.: Par 02 – Cor Br/Lr.
- De 51 a 75:
 - Subtrair 50 do número do par, obtendo, assim, um número de 01 a 25.
 - Consultar a tabela 3.62b. Ex.: Par 03 – Cor Br/Vd.
- De 76 a 100:
 - Subtrair 75 do número do par, obtendo, assim, um número de 01 a 25.
 - Consultar a tabela 3.62b. Ex.: Par 04 – Cor Br/Mr.

Exemplos

1) Identificar a cor do par 57 de um cabo.

Solução:

$$57 - 50 = 7 \rightarrow \text{Cor Vm/Lr}$$

2) Identificar a cor do par 235 de um cabo.

Solução:

$$235 - 225 = 10 \rightarrow \text{Cor Vm/Cz}$$

Com a finalidade de economizar fios, o trajeto entre os pontos da instalação telefônica tem de seguir o menor caminho. Para isso, é preciso determinar o trajeto da tubulação, dentro de cada parte da edificação, de modo a interligar todas as caixas de saída e projetar caixas de passagem, se estas forem necessárias, para limitar o comprimento da tubulação e/ou o número de curvas.

A **tubulação de entrada** é o eletroduto que recebe a entrada do cabo da rede externa da concessionária e que termina na caixa de distribuição geral. Para a elaboração da tubulação de entrada, é necessário definir se o cabo de entrada do edifício será subterrâneo ou aéreo.

A entrada será subterrânea:

- Quando o edifício possuir mais que 21 PT.
- Quando a rede da concessionária for subterrânea.
- Por motivos estéticos.

A entrada será aérea:

- Quando o edifício possuir 21 PT ou menos.
- Se a rede da concessionária permitir.

Recomenda-se, na fase de visita ao imóvel, verificar e determinar qual será o trajeto dos eletrodutos de entrada, desde a caixa de entrada até a de distribuição geral, se for necessário utilizar caixas de passagem.

Um sistema de **aterramento telefônico** é requerido para qualquer tipo de edificação, exceto casas, com as seguintes características, conforme norma Telebrás:

- Alta capacidade de condução de corrente elétrica (diâmetro da cordoalha de aço cobreada ou fio rígido de 6 mm de diâmetro).
- Baixo valor de resistência de aterramento, menor que 15 Ω .
- Estabilidade no valor de resistência de aterramento.
- Primeira haste situada a, no máximo, 30 m da caixa ou sala do distribuidor geral (DG).
- No caso de sistemas de aterramento distintos, afastamento de no mínimo 20 m entre eles.

Para correta instalação, medir inicialmente a resistência ôhmica do solo com um medidor de resistência de terra (terrômetro). Obtendo o valor **R** da resistência de terra (em Ω), calcula-se o valor da resistividade (ρ) pela equação:

$$\rho = 31,4R \quad (3.8)$$

Com base no valor da resistividade, verifica-se, na tabela 3.65, o número de hastes que devem ser utilizadas no aterramento (figura 3.32).

Resistividade ($\Omega \cdot m$)	Número de hastes
Até 60	2
de 61 a 140	3
de 141 a 230	4
de 231 a 380	5
de 381 a 700	5 com tratamento químico em três hastes no mínimo

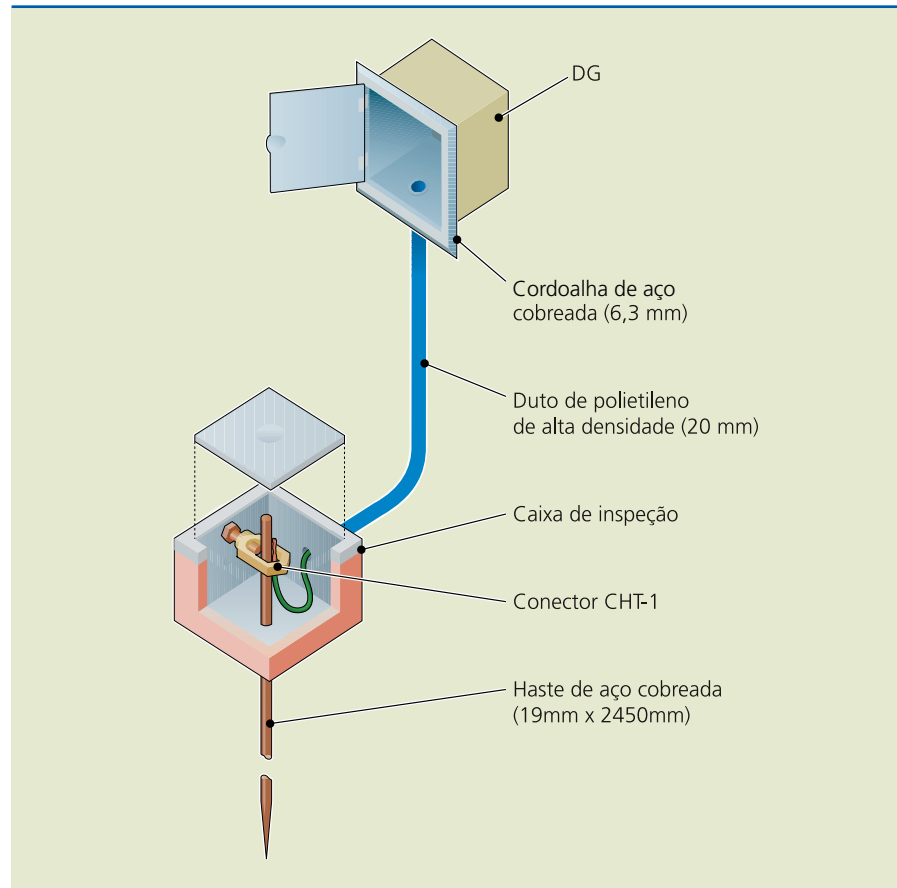
Tabela 3.65

Número de hastes a serem utilizadas no aterramento.
Fonte: Telebrás

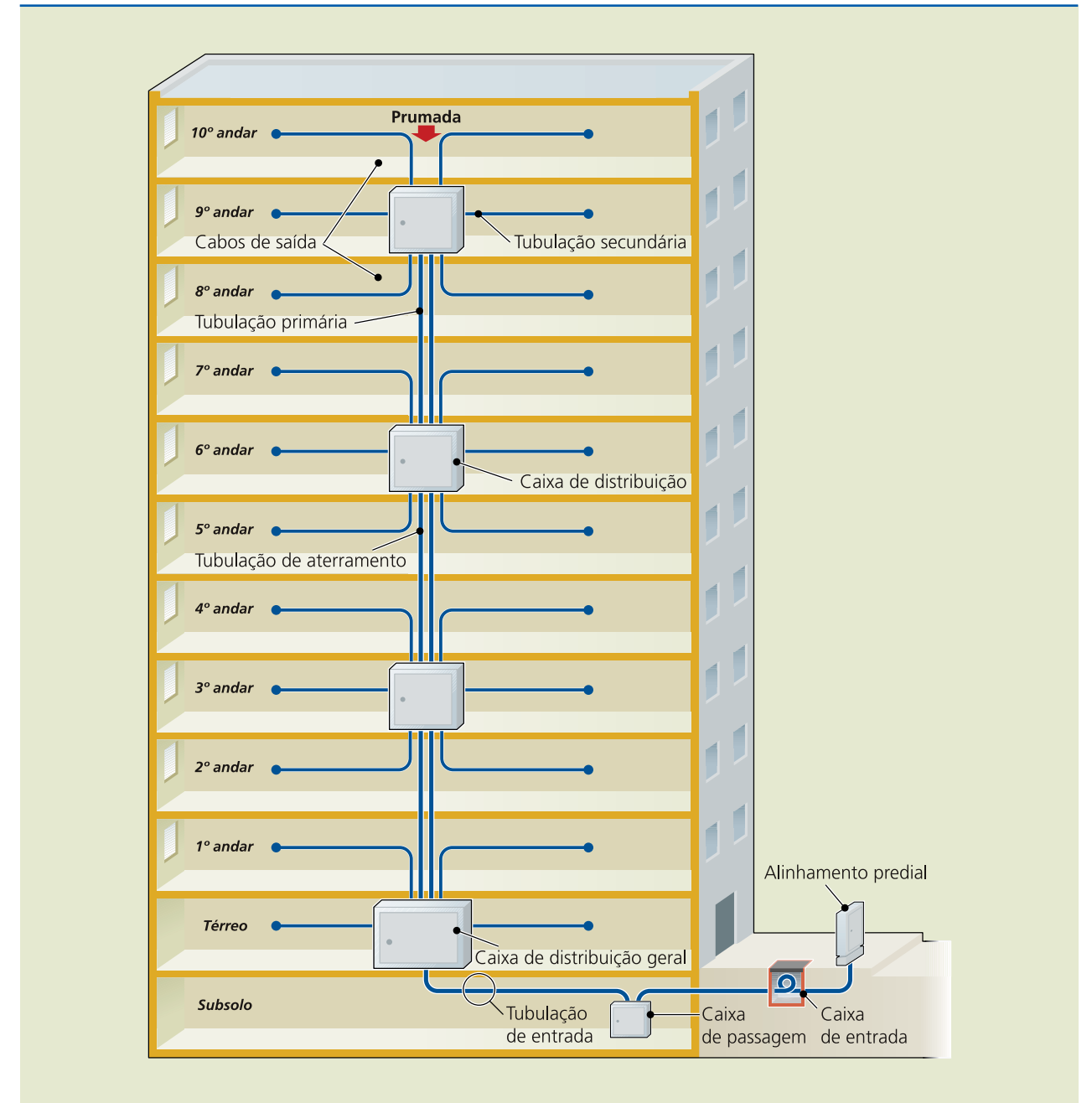


Figura 3.32

Sistema de aterramento de uma caixa de distribuição geral e conector mecânico CHT-1.



A figura 3.33 apresenta um exemplo de **prumada telefônica**. Os eletrodutos para instalação telefônica são compostos por eletrodutos primário, secundário, de entrada e de aterramento.

**Figura 3.33**

Tubulação em edifício com prumada convencional.

As normas utilizadas para redes telefônicas são as seguintes:

- NBR 13300 – Terminologia.
- NBR 13301 – Redes telefônicas internas em prédios.
- NBR 13726 – Redes telefônicas internas em prédios: tubulação de entrada telefônica.
- NBR 13727 – Redes telefônicas internas em prédios: plantas de projeto de tubulação telefônica.
- NBR 13822 – Redes telefônicas em edifícios com até cinco pontos telefônicos.
- Normas aplicáveis – SPT 235-310-704 (Telebrás).
- Normas aplicáveis – Prática Telebrás 235-510-614.



3.14 Projeto para TV a cabo

A **quantidade de pontos** para apartamentos e residências é de, no mínimo, uma caixa na sala e uma nos dormitórios.

Para as **tubulações**, o diâmetro interno dos eletrodutos de entrada e primário deve ser de no mínimo 38 mm, e o do eletroduto secundário, de no mínimo 25 mm até a primeira caixa de saída de TV a cabo. Na interligação da primeira caixa com as demais caixas de saída, pode ser utilizado eletroduto de 19 mm.

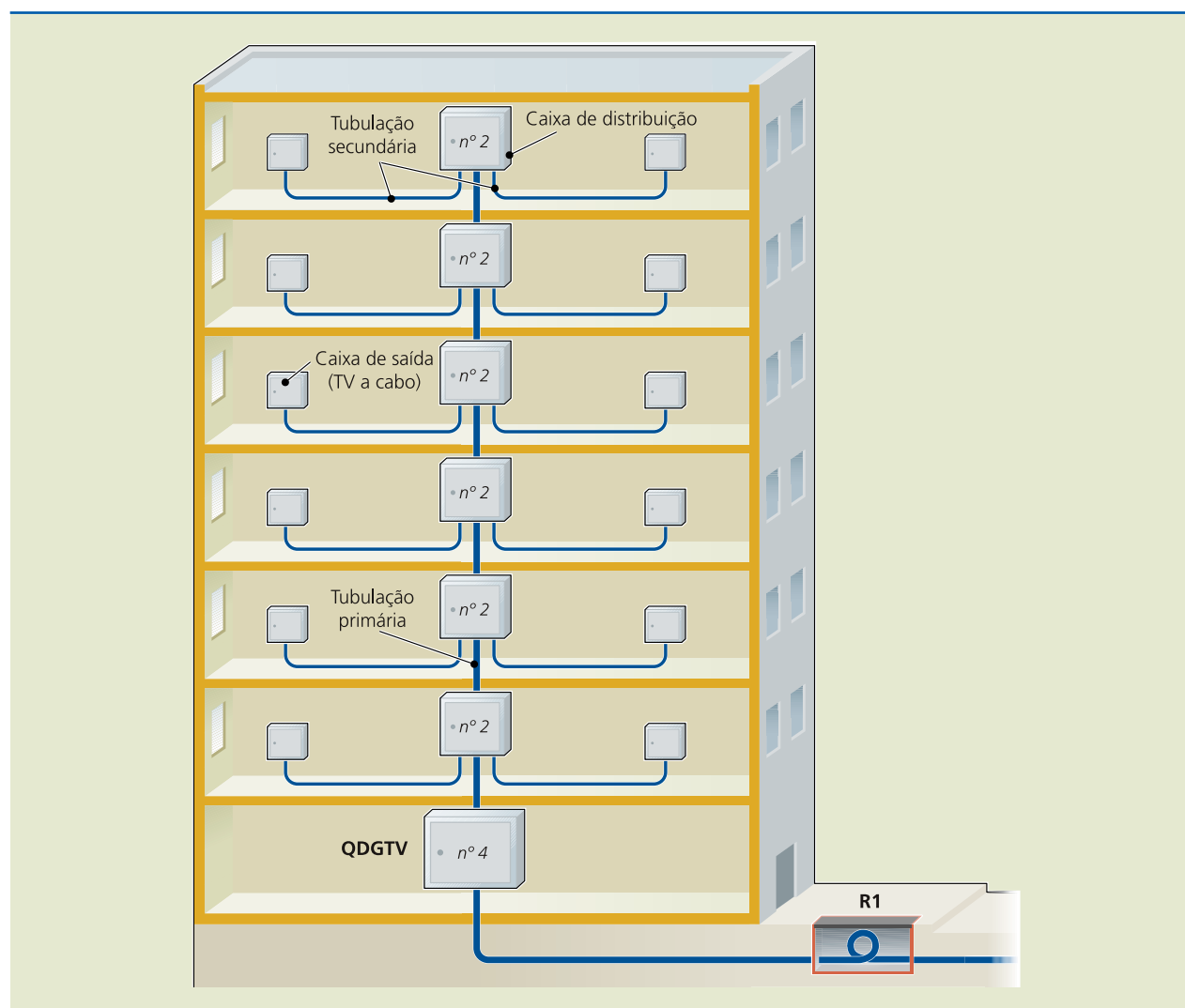
Para os **QDGTV** (quadros de distribuição geral de TV a cabo), utilizam-se caixas nº 4, de 60x60x12 cm, tomada monofásica e fio terra. Todas as caixas de distribuição, de distribuição geral e de passagem de TV a cabo devem ser instaladas a uma altura de 1,30 m do piso acabado.

Figura 3.34

Prumada de tubulação de TV a cabo em edifício.

Para **passagem e distribuição de TV a cabo**, usam-se caixas nº 2, de 30x30x12 cm.

A **prumada** de tubulação de TV a cabo pode ser vista na figura 3.34.



A localização dos pontos de TV a cabo deve ser definida na planta baixa.



Figura 3.35

Instalação de TV a cabo.

As normas que regulamentam a instalação de TV a cabo são:

- NBR 14565:2007 – Cabeamento de telecomunicações para edifícios comerciais.
- Normas e práticas Anatel.

3.15 Esquemas de aterramento

O esquema de aterramento TN-C é utilizado na distribuição para edifícios residenciais, porém, a partir do ponto de entrega, ele será convertido em um esquema TN-S. Portanto, a edificação terá como esquema de aterramento o tipo TN-C-S.

De acordo com o item 4.2.2.2 da **NBR 5410:2004**, os tipos de esquemas são TN, (variantes TN-S, TN-C-S E TN-C), TT e IT, explicados a seguir.

3.15.1 Esquema TN

O esquema TN possui um ponto de alimentação diretamente aterrado, e as massas são ligadas a esse ponto por condutores de proteção. Consideram-se três variantes de esquema TN, de acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção, a saber:

a) Esquema TN-S, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são distintos (figura 3.36).

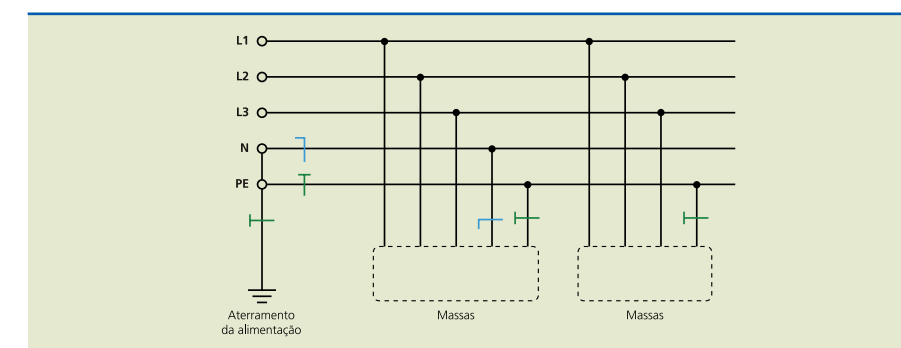


Figura 3.36

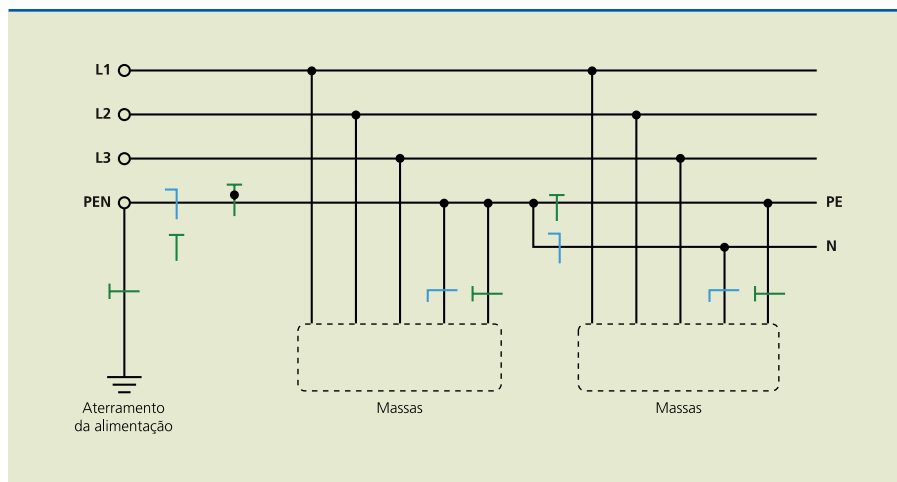
Esquema TN-S (norma ABNT NBR 5410:2004).



b) Esquema TN-C-S, em parte do qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor. Em um projeto elétrico predial residencial, normalmente se usa o esquema TN-C-S até o quadro do apartamento e o esquema TN-S dentro dele (figura 3.37).

Figura 3.37

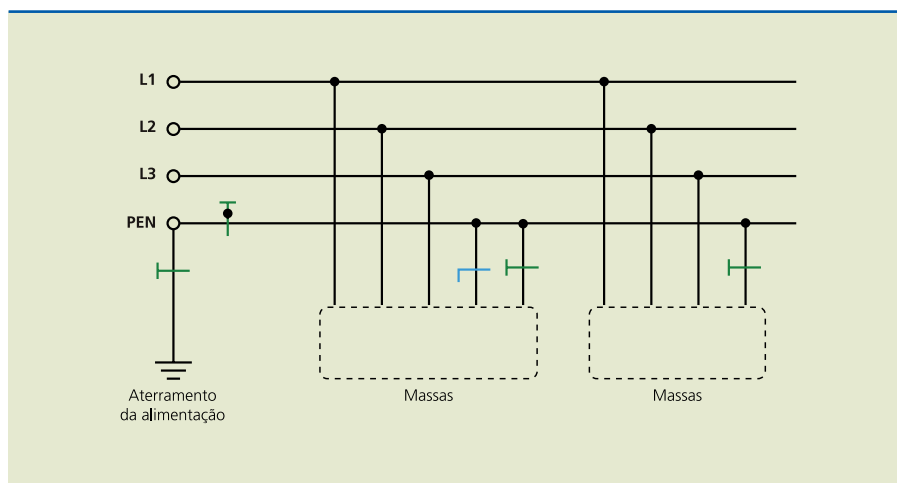
Esquema TN-C-S (norma ABNT NBR 5410:2004).



c) Esquema TN-C, no qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor, denominado PEN, na totalidade do esquema (figura 3.38).

Figura 3.38

Esquema TN-C (norma ABNT NBR 5410:2004).



A principal aplicação do TN-C é no sistema de distribuição de energia.

Nota: Atenção a falta fase-massa é igual a falta fase-neutro.

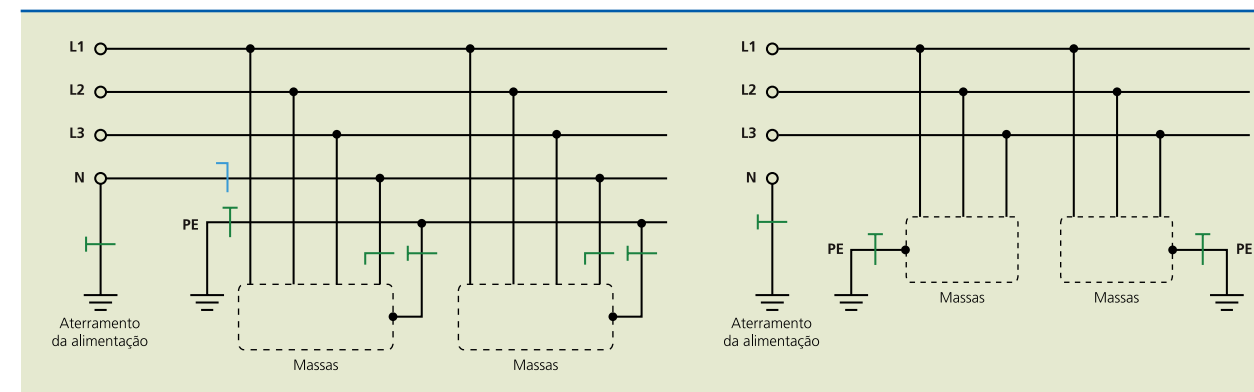
3.15.2 Esquema TT

O esquema TT possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodo(s) de aterramento eletricamente distinto(s) do eletrodo de aterramento da alimentação (figura 3.39). No caso de falta direta fase-massa, as correntes resultantes dessa falta são inferiores à

corrente de curto-circuito, podendo, todavia, ser suficientes para provocar o surgimento de tensões perigosas.

Figura 3.39

Esquema TT (norma ABNT NBR 5410:2004).

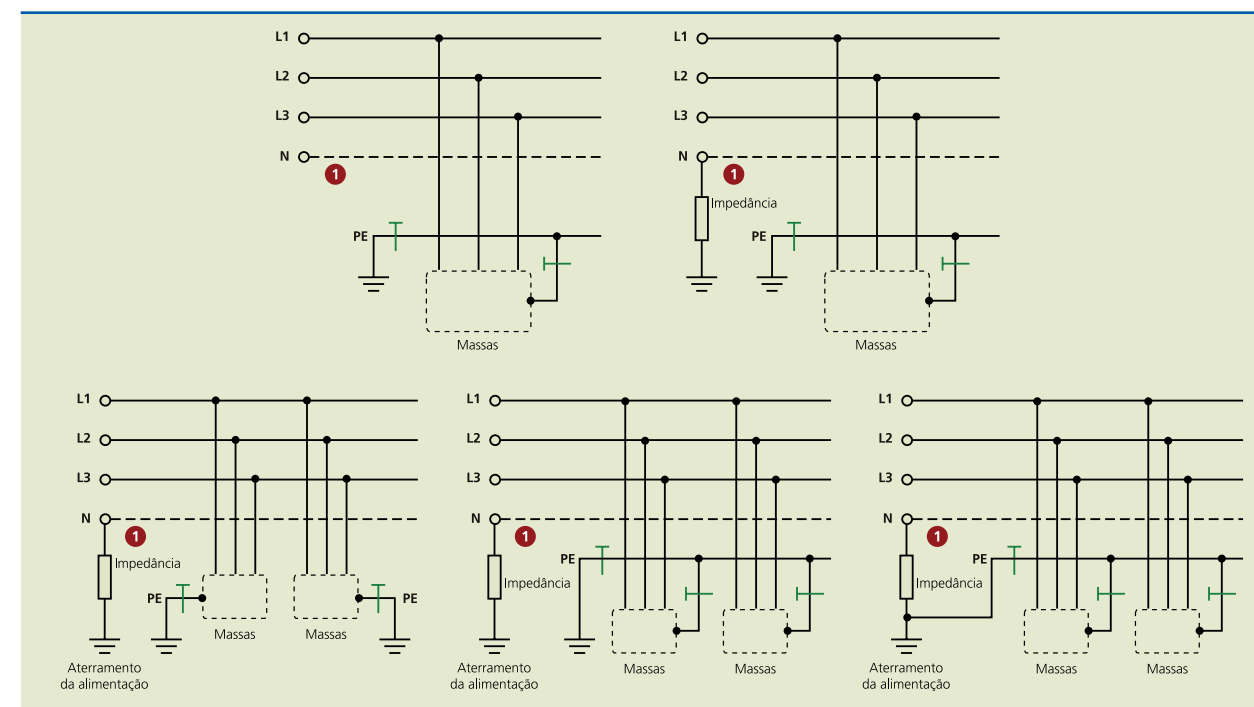


3.15.3 Esquema IT

No esquema IT, todas as partes “vivas” são isoladas da terra ou um ponto da alimentação é aterrado por meio de impedância (figura 3.40). As massas da instalação podem ser aterradas no mesmo eletrodo de aterramento da alimentação ou em eletrodo(s) de aterramento próprio(s), seja porque não há eletrodo de aterramento da alimentação, seja porque o eletrodo de aterramento das massas é independente do eletrodo da alimentação. O neutro (ou qualquer parte “viva”) é isolado (ou ligado por meio de altas impedâncias) em relação à terra (I), permanecendo aterradas independentemente as massas (T) através do condutor de proteção. No caso de uma só falta entre fase e massas, a corrente é nula ou desprezível para provocar tensões perigosas nas massas.

Figura 3.40

Esquema IT (norma ABNT NBR 5410:2004).



Cada uma das letras usadas nos sistemas de aterramento tem um significado:

a) Primeira letra – Situação da alimentação em relação à terra:

T: um ponto diretamente enterrado.

I: isolamento de todas as partes “vivas” em relação à terra ou aterramento por meio de uma impedância.

b) Segunda letra – Situação das massas da instalação em relação à terra:

T: massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto de alimentação.

N: massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto aterrado é normalmente o ponto neutro).

c) Outras letras (eventuais) – Disposição dos condutores neutro e de proteção:

S: funções de neutro e de proteção asseguradas por condutores distintos.

C: funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor (PEN).

3.15.4 Aterramento elétrico

Para o funcionamento eficiente dos dispositivos de proteção e segurança, os elementos básicos da instalação elétrica devem ser adequadamente dimensionados:

- Condutor de neutro.
- Condutor de proteção.
- Aterramento.

O aterramento elétrico tem a finalidade de proteger tanto a instalação elétrica como as pessoas que a utilizam, por meio da ligação intencional com a terra. Dois tipos de aterramento são usuais nas instalações elétricas:

- **Aterramento funcional** – É a ligação à terra de um dos condutores, geralmente o neutro, e está diretamente relacionado ao perfeito funcionamento da instalação, tornando-o confiável.
- **Aterramento de proteção** – É a ligação à terra das massas e dos elementos condutores estranhos à condução e está diretamente relacionado à proteção contra choques elétricos por contato indireto.

A NBR 5419:2005 exige que se mantenha uma resistência de terra menor que 10Ω (item 5.1.3.3.2), mas, para conseguir isso, a norma determina que se levem em conta o tipo de solo e as opções de aterramento.

Deve-se lembrar que o eletrodo de aterramento é um componente da edificação, pois faz parte da distribuição elétrica.

A NBR 5410:2004 trata, no item 3.3, da proteção contra choques elétricos e contra sobretensões e perturbações eletromagnéticas. A interligação de

elementos especificados – todos os barramentos e infraestrutura – ao eletrodo de aterramento deve ser feita para obter a equipotencialização necessária para os fins de proteção contra choques elétricos e contra sobretensões e perturbações magnéticas. Determinada equipotencialização pode ser satisfatória para proteção contra choques elétricos, mas insuficiente para proteção contra perturbações eletromagnéticas.

Nota

O valor da resistência de terra para as instalações elétricas é de 10Ω , mas para instalações de equipamentos de tecnologia da informação é de no máximo 5Ω .

3.15.5 Aterramento elétrico residencial

As normas ABNT NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão, NBR 5419:2005 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas e NBR 13571:1996 – Haste de aterramento aço-cobreada e acessórios são algumas referências para dimensionar e projetar o aterramento.

O aterramento residencial tem como objetivo garantir a segurança de pessoas e animais contra choques elétricos. Para que seja eficiente, é necessário que todo o circuito elétrico disponha de condutor de proteção, também conhecido como fio terra. A execução do aterramento é simples, mas exige materiais adequados e conexões elaboradas corretamente (figura 3.41).

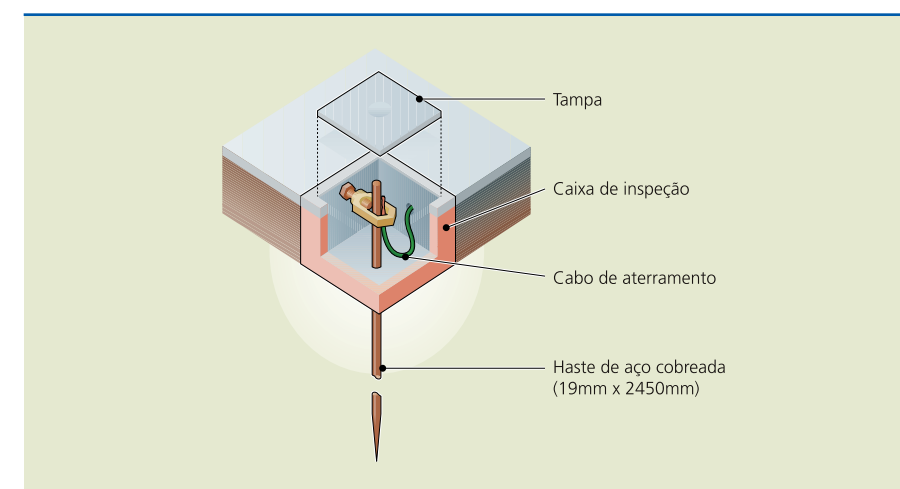


Figura 3.41

Maneira mais simples e correta de instalar o fio terra em uma residência.

Os materiais necessários para aterramento são:

- Caixa de inspeção.
- Haste de aterramento de aço cobreado com diâmetro mínimo de $5/8''$ (15 mm), revestida de cobre pelo processo de deposição eletrolítica com camada mínima de 0,254 mm (alta camada) e mínimo de 2,40 m de comprimento.



- Conectores do tipo cabo haste ou grampo.
- Condutor na cor verde-amarelo ou verde.
- terminal à pressão.

O fio de proteção nas cores verde ou verde-amarelo deve ser instalado de acordo com a NBR 5410:2004.

Figura 3.42

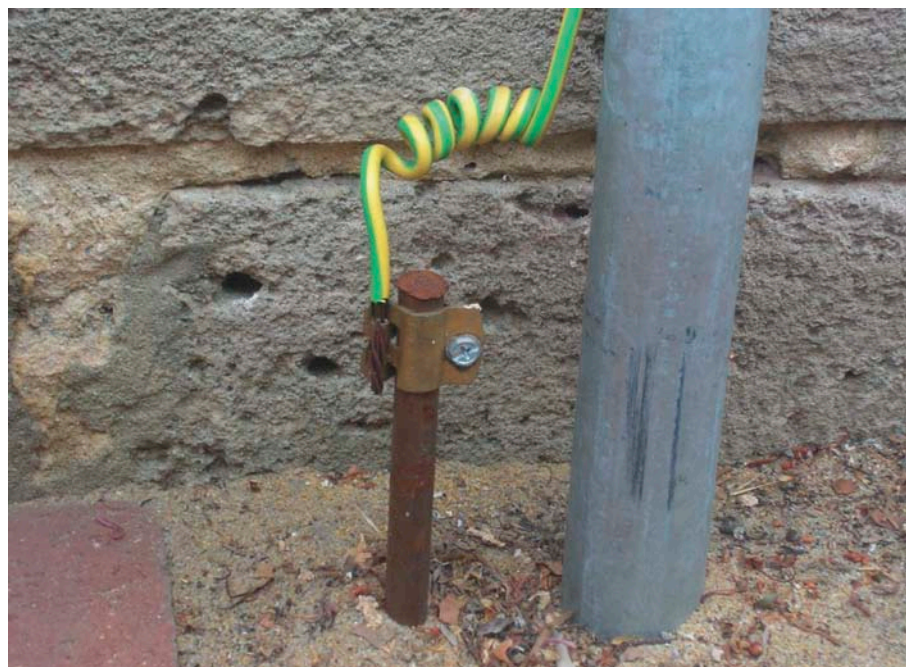


O tipo de solo no qual será executada a fixação da haste deve ser adequado para receber a descarga elétrica proveniente do circuito. Os solos úmidos são melhores e os secos e rochosos exigem tratamentos específicos.

3.15.6 Emprego do sistema de aterramento para múltiplas funções

Figura 3.43

Aterramento único (norma ABNT NBR 5410:2004).



BEP (barramento de equipotencialização principal)

- condutor de aterramento;
- condutores de proteção principais;
- condutores de equipotencialidade principais;
- condutor neutro, se disponível;
- barramento de equipotencialidade funcional (ver 6.4.8.5), se necessário;
- condutores de equipotencialidade ligados a eletrodos de aterramento de outros sistemas (por exemplo, SPDA).

3.15.7 Conexões aos eletrodos

Para conexões aos eletrodos, podem ser utilizados os seguintes dispositivos:

- **Dispositivos mecânicos** – São dispositivos de simples instalação e podem ser desconectados para medição de resistência de aterramento. Apresentam desempenho satisfatório, porém às vezes sofrem corrosão. Se devidamente protegidos, apresentam vida útil longa e permitem inspeção e manutenção da fiação.
- **Conexões por compressão** – São de fácil instalação e apresentam baixa resistência de contato, porém não podem ser desconectadas para medição de resistência de aterramento.
- **Solda exotérmica** – Esse método realiza uma conexão permanente e praticamente elimina a resistência de contato e os problemas de corrosão, sendo ideal para ligações diretamente no solo. Requer o emprego de mão de obra especializada e não pode ser utilizada em locais em que haja misturas explosivas.

3.15.8 Ligação equipotencial

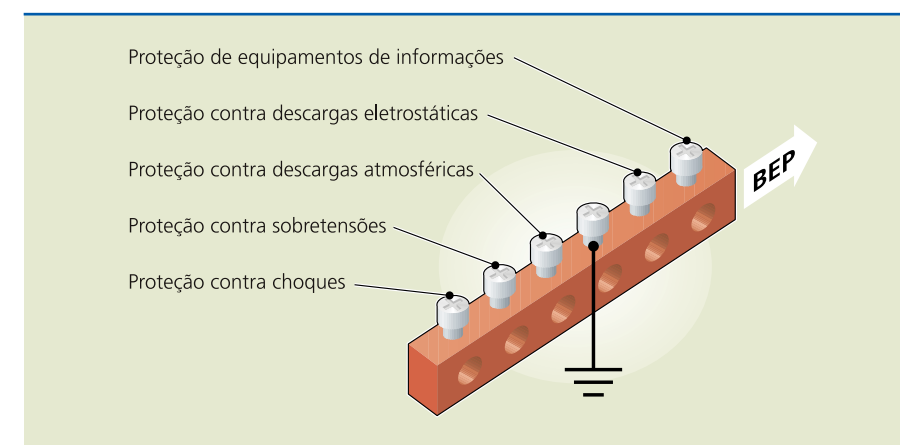


Figura 3.44

Esquema de ligação equipotencial principal.

3.16 Instalações de redes de dados em residências

Atualmente, a infraestrutura predial e residencial deve ser concebida e projetada seguindo normas específicas para contemplar as antigas instalações elétricas e atuais instalações de sinais de comunicações.



Um projeto adequado do cabeamento estruturado é fundamental para que os sinais de comunicações sejam devidamente transmitidos ao destino sem sofrer interferências da rede de energia elétrica.

O principal conceito para residências é um cabeamento estruturado com a finalidade de permitir a automação, controle e transmissão de sinais com garantia de flexibilidade, conveniência e conforto perante essas mudanças de tecnologias. Para isso, é preciso implantar um cabeamento genérico, de telecomunicações e de sinais de controle, para prover uma distribuição interna de cabos de alta performance.

Para que essa rede seja implantada, atenda aos requisitos mínimos de tais sistemas e permita o funcionamento dos equipamentos adequadamente, é necessário um planejamento prévio, que siga as recomendações da norma. Nesse caso, não se ficará dependente do tipo de equipamento a ser utilizado, pois a infraestrutura terá condições de atender aos requisitos da maior parte dos equipamentos.

A norma que, no Brasil, trata do cabeamento residencial é a ANSI/TIA/EIA 570A – Residential Telecommunications Cabling Standard – 1999. Ela define padrões e referências para o correto dimensionamento de um cabeamento residencial e especifica os subsistemas que o compõem, entre os quais: tipos de cabos, tipos de conectores, requisitos de espaços e encaminhamentos de distribuição.

Essa norma estabelece dois graus de distribuição interna de cabeamento, baseados em serviços e sistemas que poderão ser suportados dentro de cada residência. Para determinar o grau de um sistema de cabeamento residencial, é preciso conhecer as reais aplicações para o ambiente.

O grau 1 provê um cabeamento básico, que atinge os requisitos mínimos para serviços de telecomunicações (telefonia, dados e televisão). A norma recomenda a utilização de um canal UTP (cabo de par trançado não blindado) de categoria 3 (performance mínima) e um canal coaxial (série 6) por tomada (tabela 3.66).

O grau 2 provê um cabeamento que atende aos requisitos atuais (básicos) e também aos futuros serviços de telecomunicações multimídia. Deve prever ainda maior quantidade de equipamentos e necessita de maior capacidade de transmissão. A norma recomenda o uso de dois canais UTP de categoria 5 e/ou superior, dois canais coaxiais (série 6) e, como opcional, um par de fibras ópticas por tomada (tabela 3.66).

Tabela 3.66

Grau de um sistema de cabeamento residencial.
Fonte: ANSI/TIA/EIA 570A

Serviços residenciais típicos suportados por grau		
Serviço	Grau 1	Grau 2
Telefone	X	X
Televisão	X	X
Dados	X	X
Multimídia		X

Cabeamentos residenciais reconhecidos por grau		
Cabeamento	Grau 1	Grau 2
UTP 4 pares	Categoria 3	Categoria 5 (recomendada)
	Categoria 5 (recomendada)	Categoria 5e (recomendada)
Coaxial	X	X
Fibra óptica		Opcional

A instalação deve ser feita com o máximo de cuidado, observando as técnicas corretas, para o adequado funcionamento de todos os componentes. Portanto, é necessário:

- Prever as instalações de entrada de acordo com o tamanho do projeto e das exigências das concessionárias locais. Nessa entrada, considerar a chegada do cabo da companhia telefônica, dos cabos provenientes da TV a cabo, de dados etc.
- Providenciar um sistema de proteção e aterramento adequados.
- Utilizar todos os componentes de mesma categoria.
- Evitar extensões e/ou emendas nos cabos.

As normas que regulamentam a instalação de redes de dados em residências são:

- ANSI-J-STD 607-A – Aterramento.
- ANSI/EIA/TIA 606-A – Administração da infraestrutura de telecomunicações em edifícios comerciais.
- NBR 14565 – Elaboração de projetos de cabeamento de telecomunicações para rede interna estruturada.

3.17 Ferramentas computacionais

Apresentam-se a seguir alguns programas disponíveis no mercado para projetos de instalações elétricas e telefônicas, cabeamentos estruturados, cálculos luminotécnicos e outros.

- **AutoCAD** – *Software* gráfico de CAD, para desenhos do projeto elétrico.
- **Softlux** – Para cálculos luminotécnicos com métodos de cavidades zonais e ponto a ponto.
- **AltoQi Lumine** – Programa integrado para elaboração de projetos de instalações elétricas prediais e cabeamento estruturado.
- **Excel** – Para cálculos de demanda e dimensionamento.
- **Electrical Designer – Quadro de Comandos e Esquemas Elétricos** – Para projetos de painéis e quadros de comando.
- **CADDPROJ Elétrica** – Para projetos de instalações elétricas, telefonia, TV, interfone, som, alarme e lógica.



3.18 Ferramentas, equipamentos e materiais

As principais ferramentas, equipamentos e materiais utilizados em instalações elétricas são:

- Alicates de bico redondo ou cônico
- Alicates de bico meia-cana
- Alicates de corte diagonal ou lateral
- Alicates universal
- Alicates descascador de fios
- Alicates de compressão
- Chave de fenda
- Arco de serra ou serra para metais
- Brocas
- Furadeira elétrica portátil
- Parafusadeira elétrica portátil
- Canivete – estilete
- Talhadeira
- Ponteiro
- Limas
- Esmeril
- Maçarico a gás
- Soprador térmico
- Ferro de soldar ou soldador elétrico
- Tarraxa
- Torno comum de bancada
- Torno de encanador
- Lixa
- Escada
- Metro articulado e trena
- Fitas e cabos de aço para enfição
- Ferramentas de curvar eletrodutos metálicos rígidos
- Teste de corrente elétrica
- Máquina de cortar paredes

Figura 3.45



3.19 Emendas em instalações

Para efetuar emendas em instalações, recomenda-se as técnicas a seguir.

- **Prolongamento de condutores** – Descape as extremidades dos condutores e após a execução, isole a emenda com fita isolante.

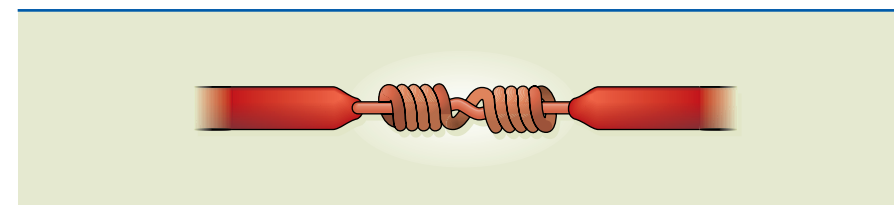


Figura 3.46

Prolongamento de condutores.

- **Condutores em derivação** – Descape as extremidades dos condutores e proceda como mostra a figura 3.46. Após a execução, isole a emenda com fita isolante.

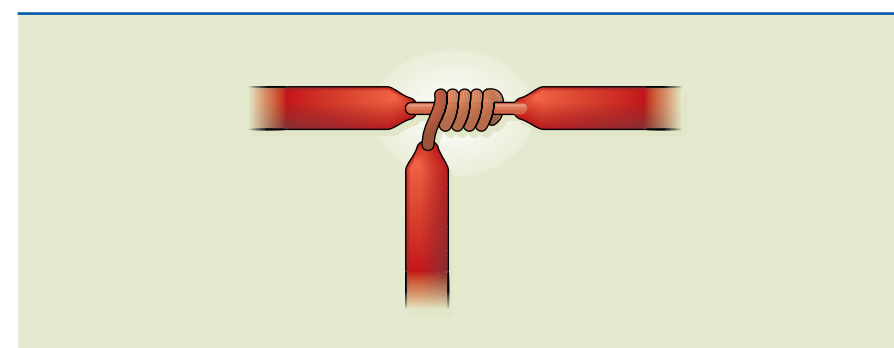


Figura 3.47

Condutores em derivação.

Conectores e derivadores para emendas – São dispositivos que fazem ligação elétrica entre condutores. São utilizados para eliminar ou reduzir fugas de corrente provocadas por emendas ou outros tipos de conexões.

