

**Introdução**

**Circuitos Terminais**

**Caminhamento dos Eletrodutos**

**Fiação**

Representação Gráfica dos Condutores

**Recapitulação**

Página intencionalmente em branco

## 5.1 Introdução

*Em residências com mais de um pavimento, deve-se prever um quadro de distribuição por andar para facilitar a distribuição de energia elétrica.*



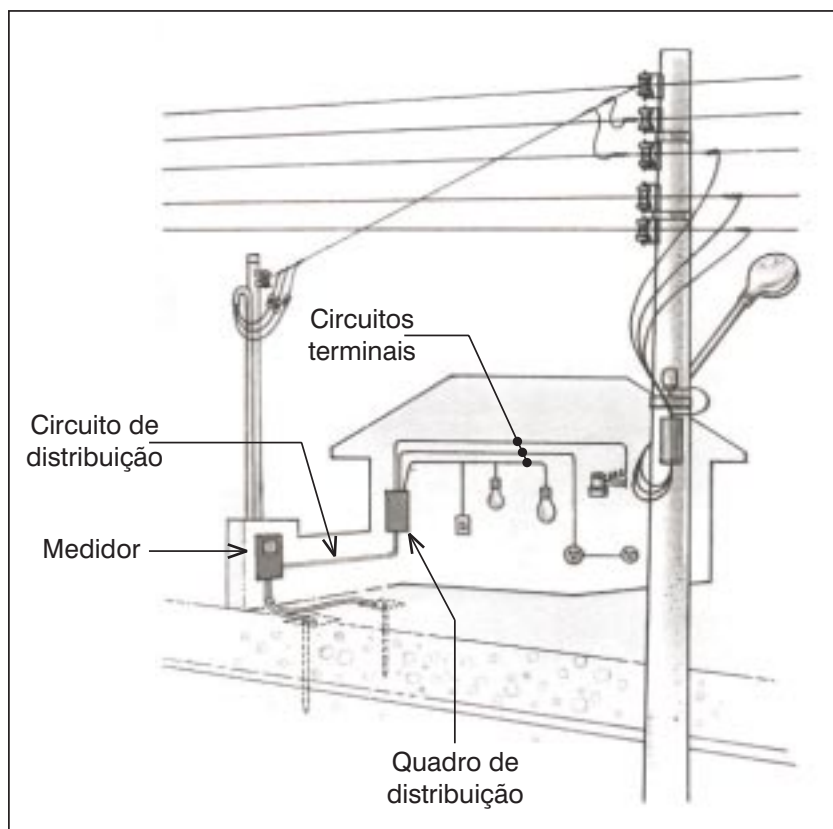
**N**as instalações residenciais, veja a figura 5.1, os circuitos elétricos — conjunto de equipamentos e condutores ligados a um mesmo dispositivo de proteção — são de dois tipos: de **distribuição** e **terminais**.

O circuito de distribuição liga o medidor do padrão de entrada ao quadro de distribuição, no interior do qual ficam os dispositivos de proteção (disjuntores termomagnéticos e/ou diferenciais residuais, principalmente).

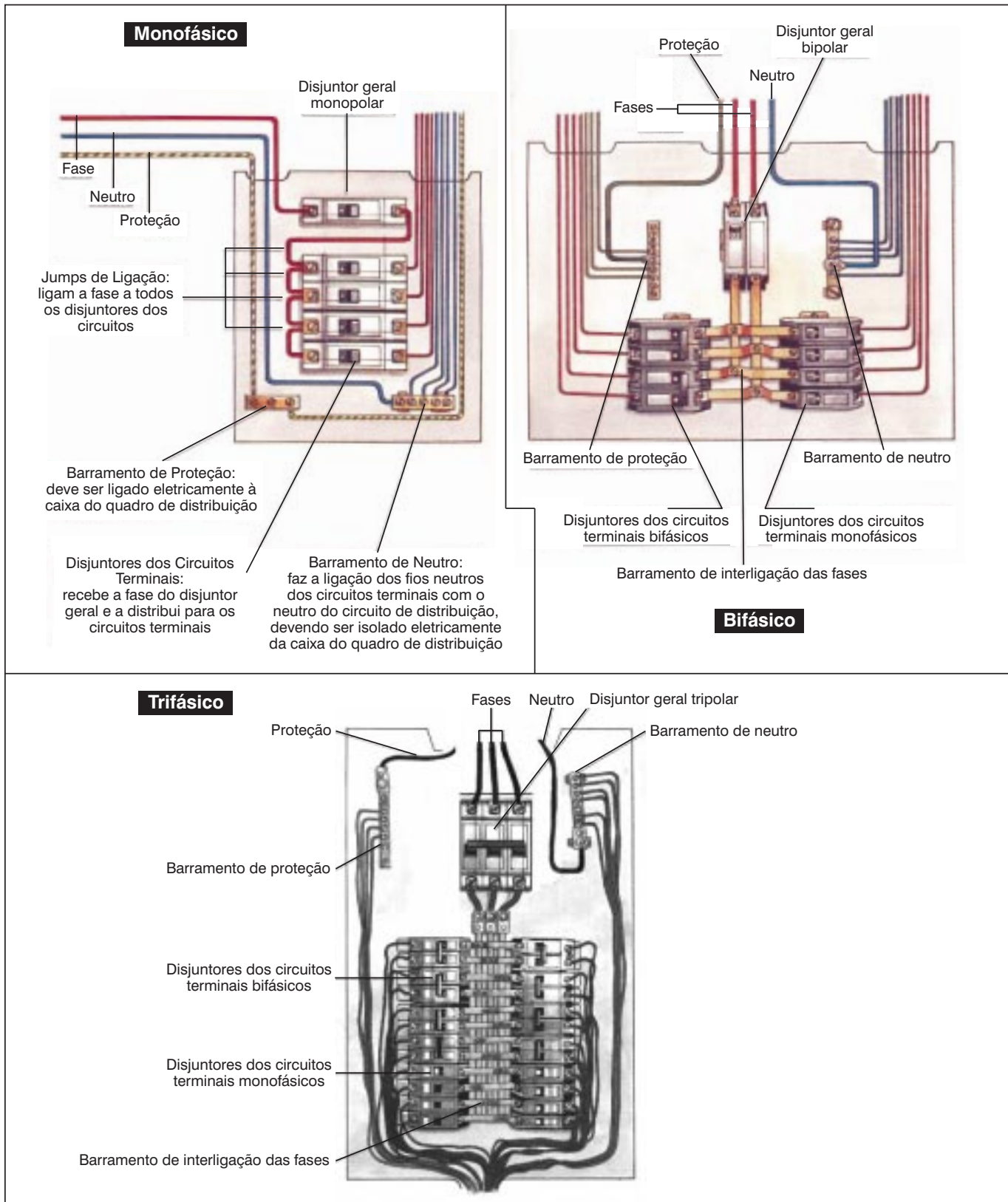
O quadro de distribuição, conforme a disponibilidade de fases para o fornecimento de energia, pode ser mono, bi ou trifásico, como representado na figura 5.2 (para nossa residência, pelo item 4.6, é bifásico, isto é: 2 fases + neutro). O local onde ele será fixado deve atender a alguns requisitos:

- visível, acesso fácil, desobstruído, limpo e ventilado;
- próximo ao padrão de entrada, para reduzir o comprimento dos condutores do circuito de distribuição, que são os mais dispendiosos da instalação, devido à maior seção nominal.

Seguindo estes requisitos, localizamos o nosso quadro na sala, como mostra o desenho 3.4.



**Figura 5.1:**  
*circuitos elétricos residenciais.*



**Figura 5.2:**  
tipos de quadros de distribuição residenciais.

## 5.2 Circuitos Terminais

### Atenção

A separação dos circuitos de iluminação, TUG's e TUE's exigida pela NBR 5410 deve-se basicamente a dois motivos:

(1) Um circuito não deve ser afetado pela falha ou interferência de outro para evitar que, caso isso ocorra, toda uma área fique sem alimentação elétrica.

(2) Auxílio na implementação das medidas de proteção contra choques elétricos. Nesses casos, quase sempre, é obrigatória a presença de dispositivos de proteção especiais (conhecidos como DR's) nos circuitos de tomadas, o que não acontece com os circuitos de iluminação.

**D**o quadro de distribuição partem os circuitos terminais (figura 5.1) que alimentam a iluminação, as tomadas de uso geral (TUG's) e as de uso específico (TUE's).

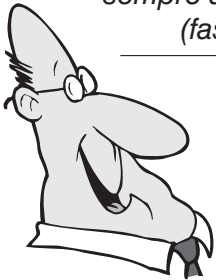
São óbvias as razões que levam a dividir a instalação elétrica nestes circuitos, entre as quais podem ser citadas: limitar as consequências de curto-circuitos e falhas, pois permitem isolar o setor atingido do restante da instalação; facilitar a manutenção e reduzir interferências.

A divisão é feita seguindo os critérios estabelecidos pela NBR 5410, que transcrevemos:

- i) toda instalação deve ser dividida em circuitos, de forma que cada um possa ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida através de curto-circuito;
- ii) cada circuito terminal será ligado a um dispositivo de proteção. No caso de instalações residenciais, poderão ser utilizados disjuntores termomagnéticos e diferenciais residuais (DR's);
- iii) os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização alimentados. Assim, circuitos terminais distintos devem ser previstos para iluminação e tomadas de usos geral (TUG's);
- iv) devem ser previstos circuitos terminais exclusivos para tomadas de uso específico (TUE's). Normalmente, estas tomadas alimentam cargas com corrente elevada (acima de 10A);
- v) as TUG's de copas, cozinhas e áreas de serviço devem fazer parte de circuitos exclusivos. Os demais cômodos podem ter suas tomadas agrupadas em um mesmo circuito;
- vi) exceto para os circuitos exclusivos das TUE's, como forma de evitar que os demais fiquem muito carregados — o que resultaria em grandes seções nominais dos condutores, dificultando sua passagem nos eletrodutos e a confecção das ligações nos interruptores e tomadas — a potência por circuito deve ser limitada em:
 

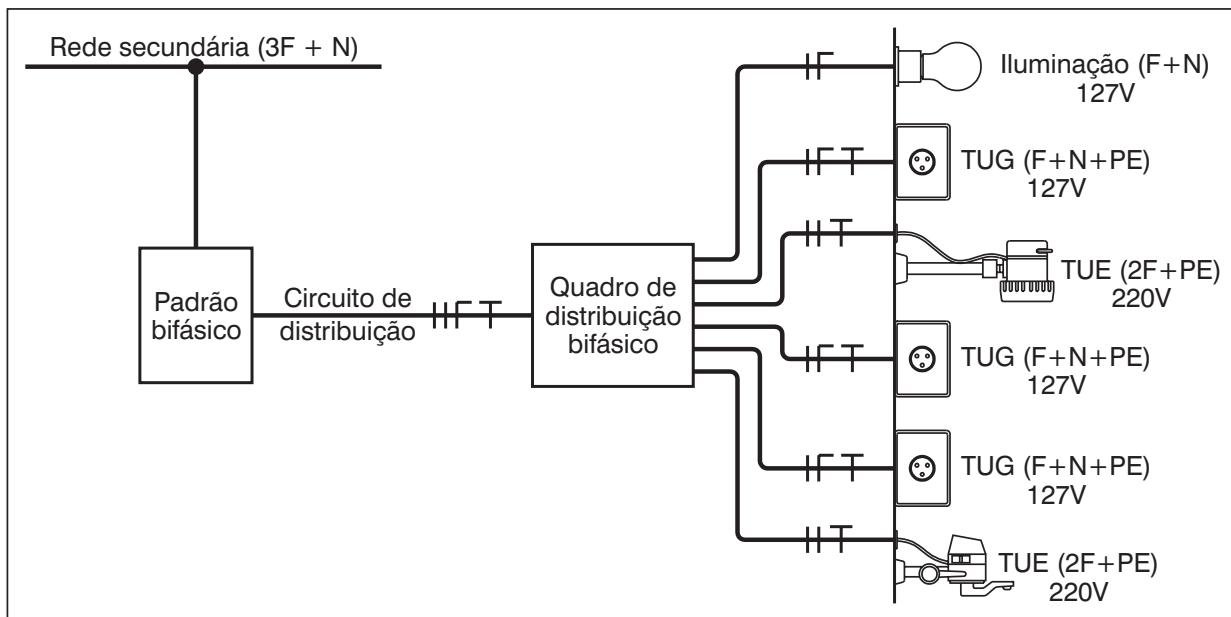
iluminação . . .	1500VA, em 127V, e 2500VA, em 220V;
TUG's . . . . .	2500VA, em 127V, e 4300VA, em 220V;
- vii) em instalações com duas ou três fases, as cargas devem ser distribuídas uniformemente entre elas, procurando obter o melhor equilíbrio possível, para evitar a circulação indesejável de corrente através do condutor neutro da instalação.

Para circuitos de distribuição com 2 ou 3 fases, considera-se sempre a maior tensão (fase-fase).



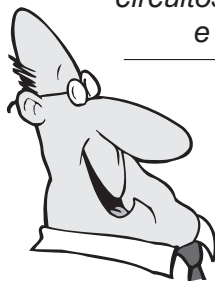
Complementarmente, conforme o número de fases e a rede secundária de fornecimento, veja a figura 5.3, devem ser observadas as seguintes recomendações quanto à tensão de ligação dos circuitos terminais:

- em instalações monofásicas (conforme o tipo de fornecimento definido na tabela 4.11) atendidas por redes secundárias monofásicas a 2 fios ou, então, trifásicas a 4 fios (conforme tabelas 2.1 e 2.2), todos os circuitos terminais terão ligação fase-neutro, na tensão de fornecimento padronizada pela concessionária (no caso da CEMIG, a tensão fase-neutro é 127V);
- em instalações bi e trifásicas (conforme o tipo de fornecimento definido na tabela 4.11) atendidas por redes secundárias monofásicas a 3 fios ou, então, trifásicas a 4 fios (conforme tabelas 2.1 e 2.2), são disponíveis dois valores de tensão: fase-neutro e fase-fase (no caso da CEMIG, 127/254V, para rede monofásica a 3 fios, e 127/220V, para rede trifásica a 4 fios), notando-se que:
  - a menor tensão (fase-neutro) é utilizada para os circuitos de iluminação e TUG's;
  - a maior tensão (fase-fase) é utilizada para os circuitos terminais das TUE's, normalmente as cargas de maior potência.



**Figura 5.3:**  
divisão esquemática de uma instalação elétrica genérica em circuitos terminais.

*Ao contrário do que possa parecer, o aumento do custo de uma instalação elétrica é quase insignificante quando se separam os circuitos de iluminação e tomadas.*



Para a nossa residência, aplicando os critérios que acabamos de ver, teríamos, no mínimo, sete circuitos terminais, que seriam:

- iluminação, pelo critério (iii), 1 circuito;
- TUG's, pelo critério (v), 4 circuitos: 1 para a copa; 1 para a cozinha; 1 para a área de serviço e 1 para os demais cômodos;
- TUE's, pelo critério (iv), 2 circuitos: 1 para o chuveiro elétrico do banheiro; 1 para a torneira elétrica da cozinha.

Ainda que não especificado pelas normas, recomenda-se dividir os circuitos de iluminação de forma que cada um não ultrapasse a potência máxima de 1500VA, na tensão de 127V, ou de 2500VA, na tensão de 220V.

No nosso caso, esta recomendação não se aplica, em face da pequena potência prevista na tabela 4.7 (1080VA).

Porém, unicamente por bom senso, vamos dividi-los em dois circuitos, um social e outro de serviço, como indicado na tabela 5.1 — com isto, por hipótese, na atuação de um disjuntor, decorrente de curto-circuito ou sobrecarga, uma parte da residência ainda estará iluminada.

Quanto às TUG's, após atendido o critério (v), é preciso considerar o critério (vi), que limita a potência desses circuitos a 2500VA em 127V. Como, pela tabela 4.6, nenhum dos quatro circuitos especificados pelo critério (v) sequer atinge a potência de 2500VA, apenas os quatro são suficientes.

Quanto às TUE's, permaneceremos com os dois circuitos já especificados.

Observe a tabela 5.1. Ela nos acompanhará ao longo de boa parte do curso. As células que ainda estão vazias serão preenchidas oportunamente, nas lições apropriadas.

Isto posto, o próximo passo do projeto é marcar junto a cada ponto de iluminação e de tomada, o número do respectivo circuito terminal. Foi o que fizemos, para completar o desenho 3.4.

## 5.3 Caminhamento dos Eletrodutos

**C**oncluída a locação dos pontos elétricos e especificados os circuitos terminais, é hora de traçar o caminhamento dos eletrodutos que irão interligá-los.

Isto tem que ser muito bem estudado, procurando os trajetos mais curtos, com cuidado para não deixar algum ponto esquecido (adeus cliente!) e evitando, sempre que possível, cruzamentos. A simbologia a usar é a da tabela 4.8.



Em linhas gerais, recomenda-se observar os seguintes aspectos ao planejar o caminhamento:

- considerar que os eletrodutos podem “chegar” às caixas de derivação situadas nas paredes não apenas a partir do teto, mas, também, do piso (principalmente no caso das tomadas baixas);

**Tabela 5.1**  
**Quadro de Distribuição de Cargas**

Circuitos Terminais		Tensão [V]	Local	Potência <sup>(a)</sup> [VA]		Corrente [A]			Condutor	Proteção		
Nº	Tipo			Unit.	Total	Calculada	Fator de Correção	Corrigida	Seção Nominal [mm <sup>2</sup> ]	Tipo	Nº Polos	Corrente [A]
1	Ilumin. Social	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm.B	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100 1 x 160	620							
2	Ilumin. Serviço	127	Copa Cozinha A. Serv. A. Ext.	1 x 100 1 x 160 1 x 100 1 x 100	460							
3	TUG's	127	Sala Dorm. A Banho Hall Dorm.B	3 x 100 3 x 100 1 x 600 1 x 100 3 x 100	1600							
4	TUG's	127	Copa	3 x 600 1 x 100	1900							
5	TUG's	127	Cozinha	3 x 600 1 x 100	1900							
6	TUG's	127	A. Serv.	3 x 600	1800							
7	TUE	220	Chuveiro	1 x 4400	4400							
8	TUE	220	Torneira	1 x 3500	3500							
<b>Circuito de Distribuição</b>		220	Quadro Padrão	12636 <sup>(b)</sup>								

Notas:

(a): dados transcritos da tabela 4.7;

(b): este valor foi calculado da seguinte maneira:

- pelo item 4.5.1, a potência de demanda de nossa residência é  $P_D = 12004 W$ ;
- pela nota (c) da expressão 2.13, nas instalações residenciais, na prática, o fator de potência é 0,95;
- logo, aplicando a expressão 2.13:

$$\cos \varphi = \frac{P_D}{S} \rightarrow S = \frac{P_D}{\cos \varphi} = \frac{12004}{0,95} = 12636 VA$$



*A principal finalidade dos eletrodutos é proteger os condutores dos circuitos contra ações mecânicas e a corrosão.*



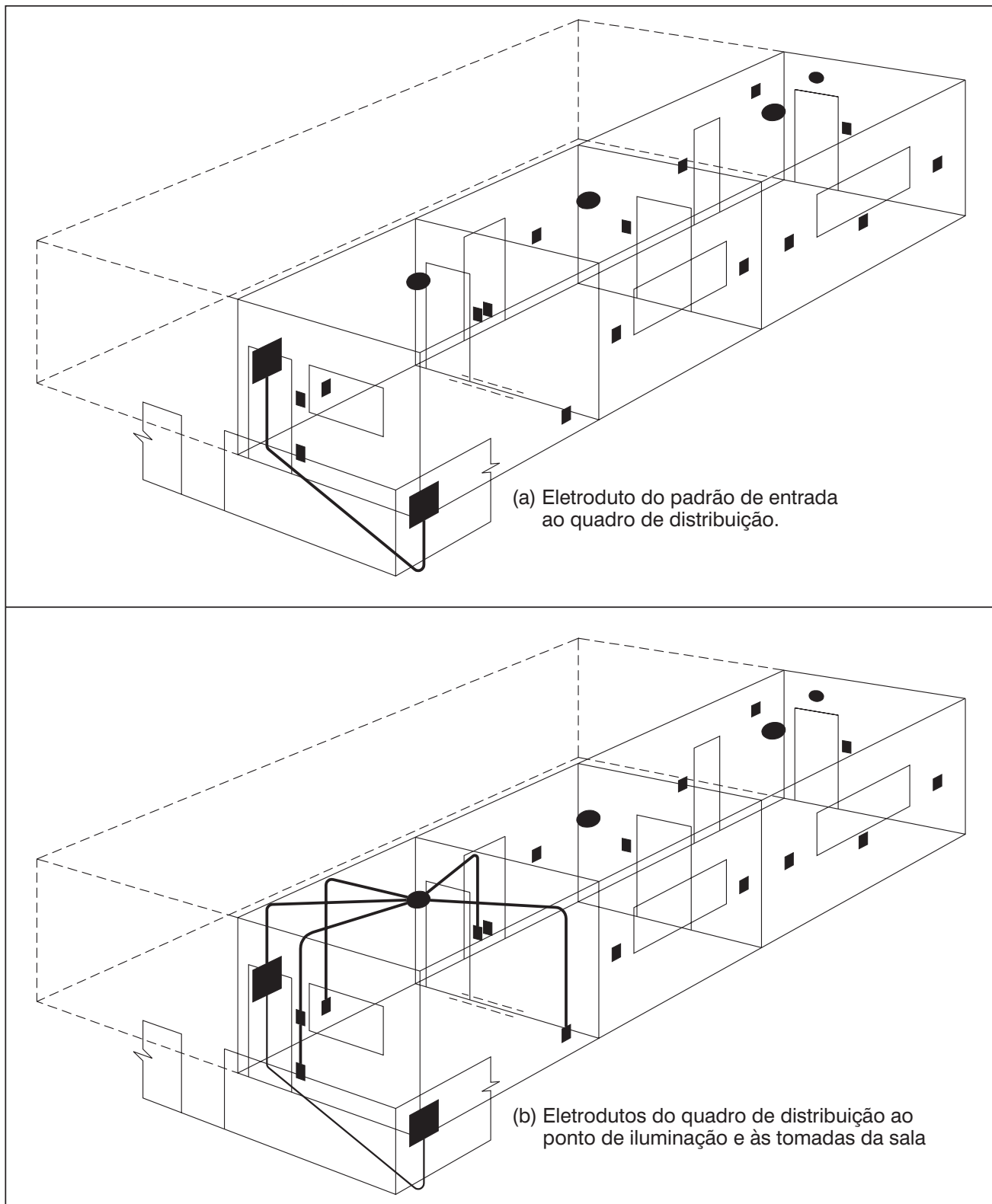
- não permitir que as caixas de derivação octogonais, onde são instalados os pontos de iluminação situados no teto, recebam a interligação de mais de 6 ou 7 eletrodutos, para evitar seu congestionamento com emendas e passagem de condutores;
- pela mesma razão, não permitir que as caixas de derivação retangulares e quadradas, onde são instalados os interruptores e as tomadas situadas nas paredes, recebam a interligação de mais de 4 eletrodutos;
- preferencialmente, limitar em 5 a quantidade de circuitos dentro de um eletroduto, para evitar grandes diâmetros e seções nominais elevadas dos condutores (pela influência do fator de agrupamento de circuitos, que será visto na lição 7). Esta recomendação é crítica no trecho inicial (saída do quadro de distribuição), onde, normalmente, são previstos mais de 1 eletroduto;
- inicialmente, interligar o padrão de entrada ao quadro de distribuição;
- em cada cômodo, interligar o ponto de iluminação (começar pelo que abriga o quadro de distribuição);
- em cada cômodo, interligar o ponto de iluminação aos interruptores e tomadas. Caso exista mais de uma tomada no mesmo painel de parede, não há necessidade de eletrodutos individuais para cada uma, basta interligar uma ao ponto de iluminação e, dela, interligar as demais.

As figuras 5.4.(a), (b), (c) e (d) mostram, em perspectiva, a aplicação destas recomendações à ala direita de nossa residência (sala, copa e cozinha). Preferimos não mostrar a ala esquerda (dormitório A, banheiro, hall, dormitório B e área de serviço) para que as figuras ficassem mais inteligíveis — mas o procedimento seria análogo.

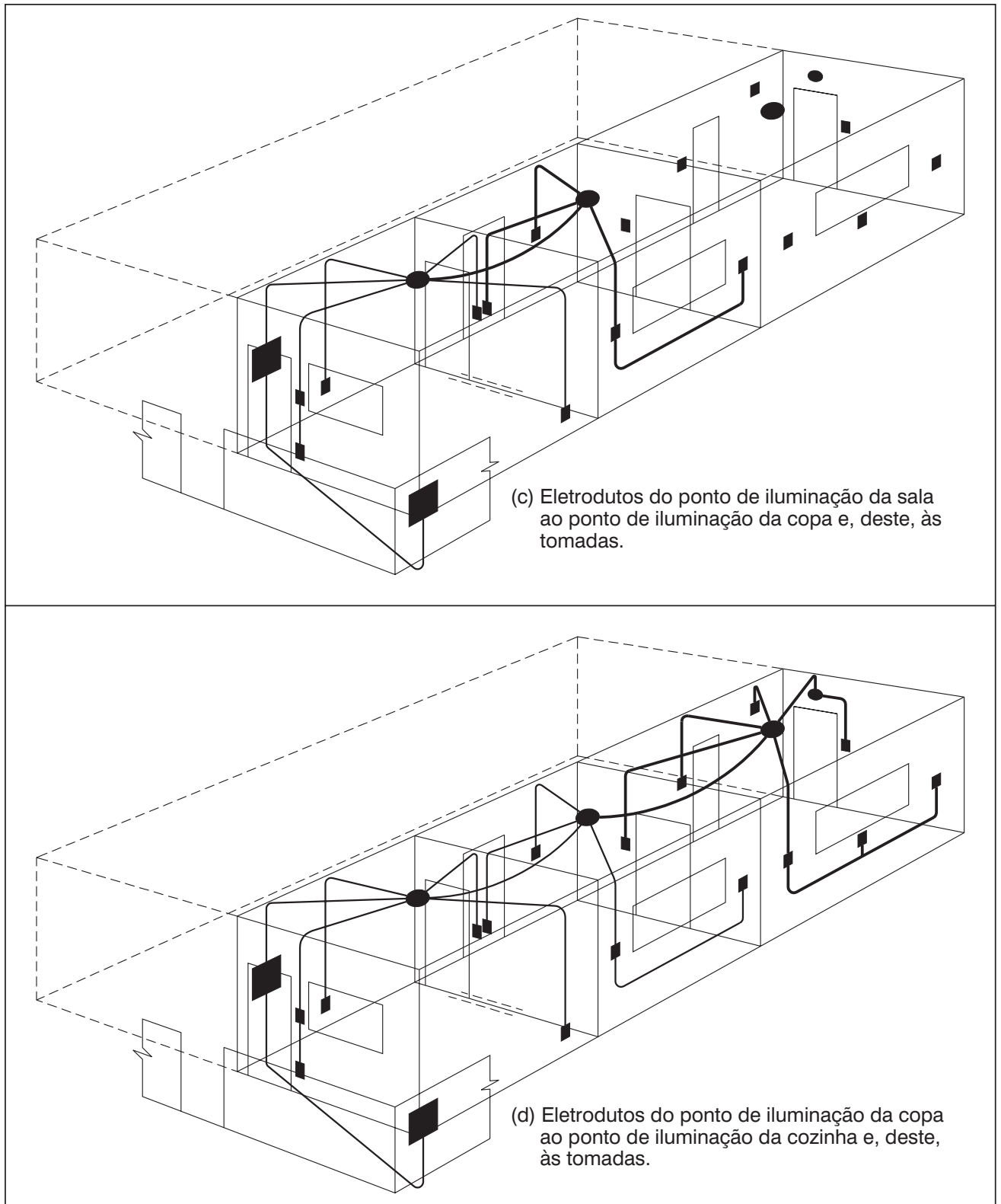
Assim, na figura 5.4.(a), interligamos o padrão de entrada ao quadro de distribuição, que está situado na sala, como ficou resolvido no item 5.1.

Na figura 5.4.(b), interligamos o quadro de distribuição ao ponto de iluminação da sala e, deste, partimos com os eletrodutos para as tomadas e interruptores. Observe que o interruptor e a tomada situados na mesma prumada junto à porta de entrada são servidos por um único eletroduto.

Na figura 5.4.(c), interligamos o ponto de iluminação da sala ao da copa e, deste, os interruptores e as tomadas do cômodo.



**Figura 5.4 (1ª parte):**  
*perspectiva do caminhamento dos eletrodutos na ala direita de nossa residência (sala, copa e cozinha).*



**Figura 5.4 (final):**  
*perspectiva do caminhamento dos eletrodutos na ala direita de nossa residência (sala, copa e cozinha).*

## 5.4 Fiação

Na figura 5.4.(d), interligamos o ponto de iluminação da copa ao da cozinha e, deste, os interruptores e as tomadas do cômodo. Observe que as três tomadas situadas debaixo da janela são servidas por um mesmo ramal de eletroduto.

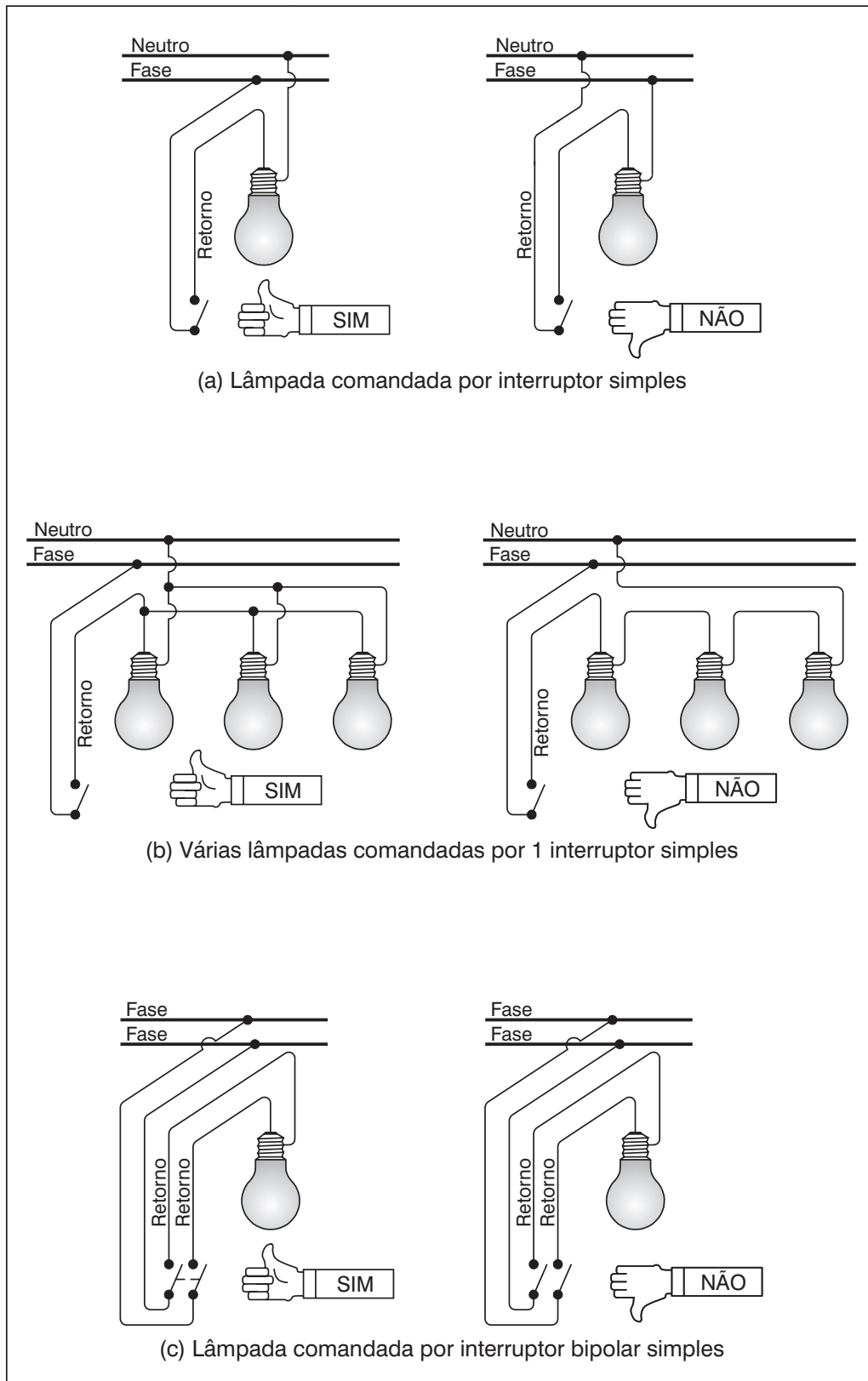
Seguindo os mesmos critérios que usamos nas figuras 5.4.(a), (b), (c) e (d), implantamos os seguintes desenhos de projeto:

- desenho 3.5: eletroduto do padrão de entrada ao quadro de distribuição, deste, ao ponto de iluminação da sala, a partir do qual aos interruptores e tomadas (uma observação: este desenho representa, também, a interligação do botão da campainha ao quadro de distribuição);
- desenho 3.6: eletrodutos da copa;
- desenho 3.7: eletrodutos da cozinha;
- desenhos 3.8, 3.9, 3.10 e 3.11 (ala esquerda): mostrando, passo-a-passo, o caminhamento dos eletrodutos do dormitório A, banheiro, hall e dormitório B e, finalmente, da área de serviço.

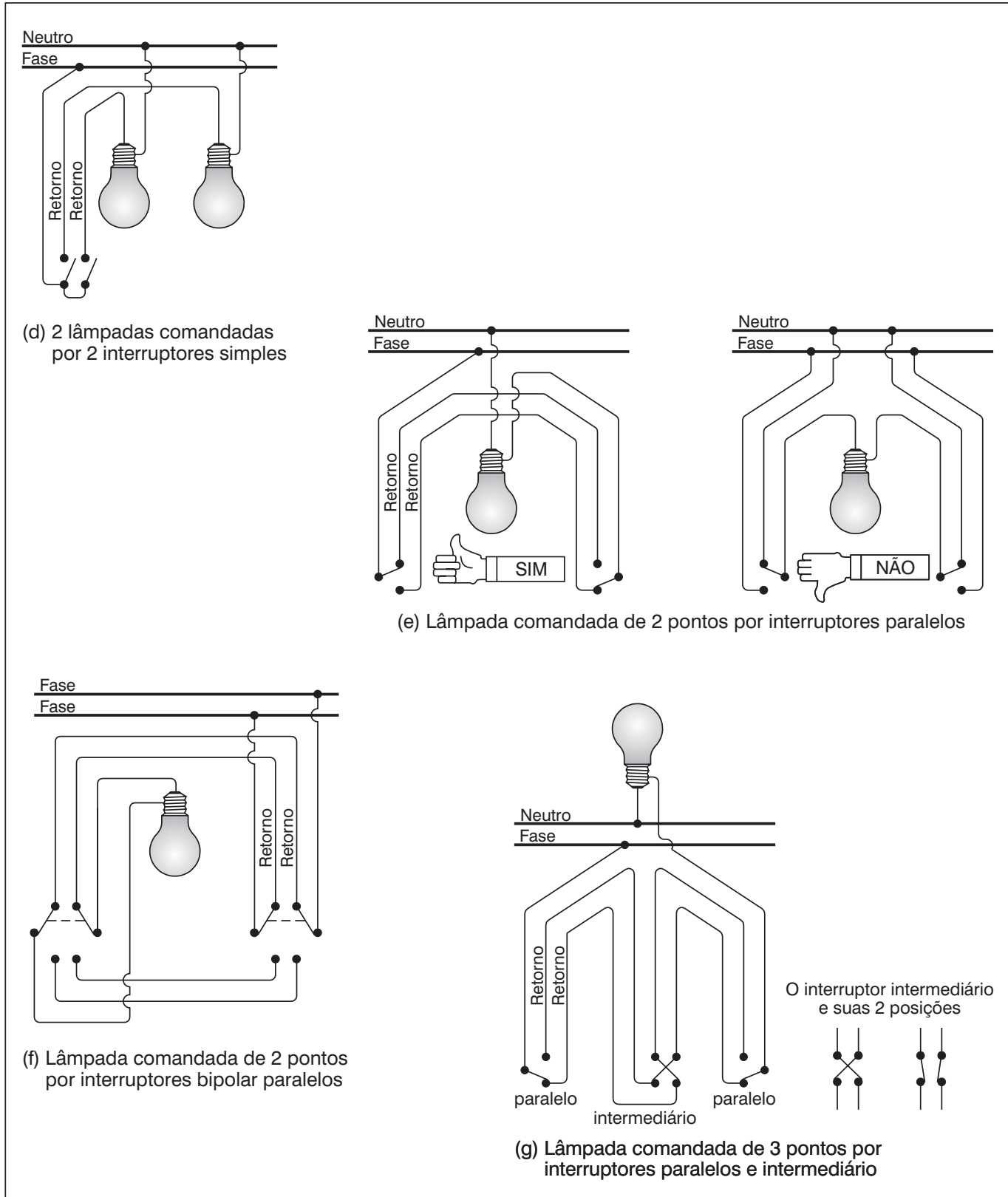
**U**ma vez estabelecido o caminhamento dos eletrodutos, o próximo passo é representar graficamente os fios dos circuitos que eles conduzem.

Primeiramente, entretanto, é imprescindível conhecer os esquemas das ligações que precisarão ser executadas — a figura 5.5, dividida em três partes, mostra as fundamentais, sendo importante notar o seguinte:

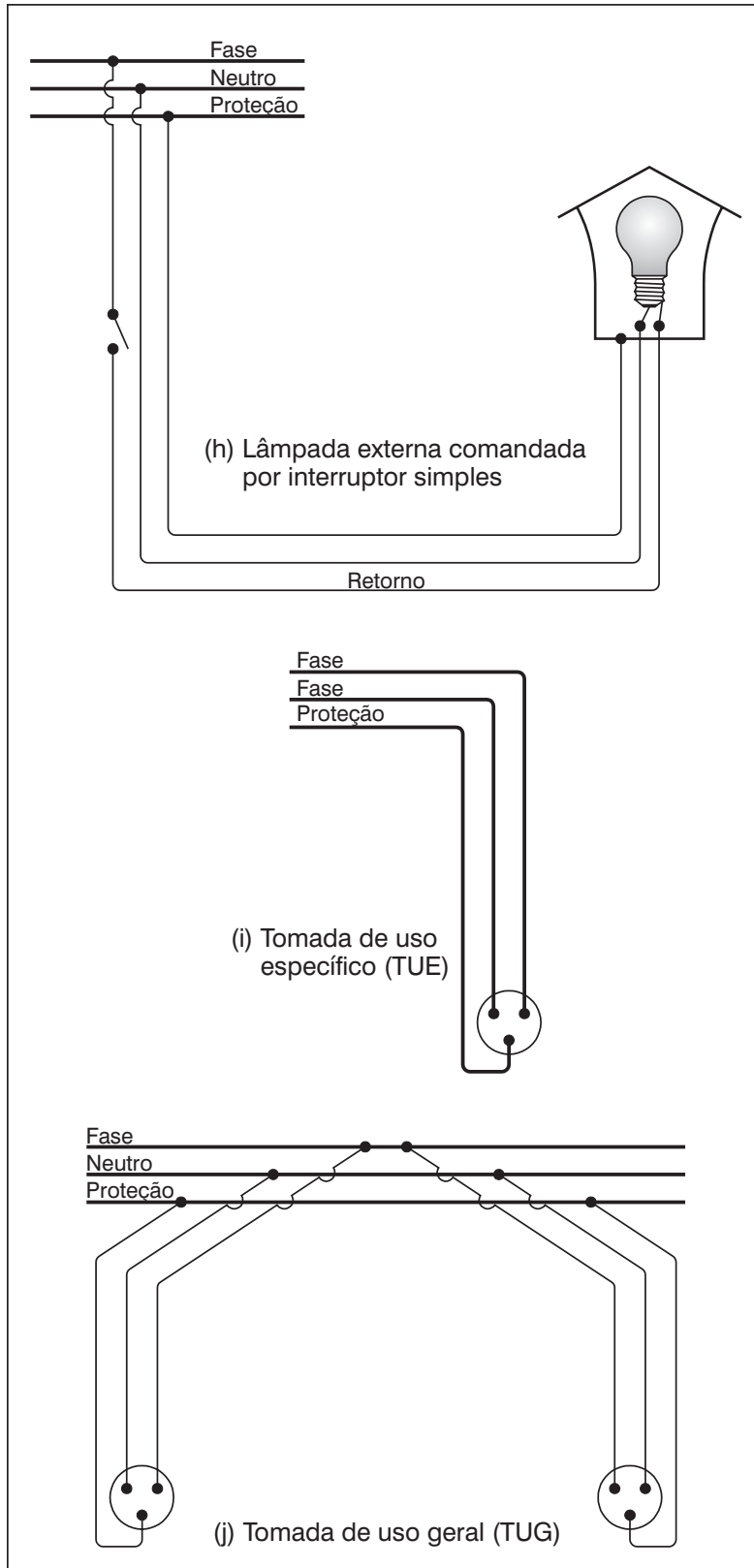
- interruptores sempre seccionam a fase, nunca o neutro, como exigido pela NBR 5410, para impedir choque elétrico nas trocas de lâmpadas com este acionado — esquemas (a), (b), (d), (e), (f) e (g) — observe a existência do condutor de retorno, assim chamada a fase após ser seccionada;
- diversas lâmpadas comandadas pelo mesmo interruptor têm que ser ligadas em paralelo. Se ligadas em série, caso uma queime, o circuito será interrompido e as outras se desligam — esquema (b);
- lâmpadas alimentadas por duas fases exigem interruptores bipolar simples, construídos para seccionar duas fases. Nunca use 2 interruptores simples — esquema (c);



**Figura 5.5 (1ª parte):**  
esquemas fundamentais de ligações.



**Figura 5.5 (2ª parte):**  
esquemas fundamentais de ligações.



**Figura 5.5 (final):**  
esquemas fundamentais de ligações.

- o esquema (d) mostra o comando independente, mas do mesmo ponto, de lâmpadas de um mesmo circuito (em cômodos com mais de um ambiente), através de dois interruptores simples (há módulos com 2 ou mais). Observe que, em consequência, existem dois condutores de retorno;
- o esquema (e) retrata o caso da sala e da cozinha de nossa residência, onde a lâmpada é comandada de dois pontos diferentes, através de interruptores paralelos simples (*three way*). Observe que é sempre preciso usar 2 interruptores paralelos. Se a lâmpada for alimentada por duas fases, utilize interruptores bipolar paralelos, como representado no esquema (f);
- o esquema (g) mostra o comando de uma lâmpada a partir de três pontos distintos. Nestes casos, utilizam-se dois interruptores paralelos, para os primeiros dois pontos de comando, e um interruptor intermediário (*four way*) para cada ponto de comando suplementar. Portanto, se fossem quatro pontos de comando, permaneceriam os dois paralelos, aos quais seriam acrescentados dois intermediários;
- o esquema (h) mostra que luminárias externas exigem a conexão do fio terra à carcaça metálica, por duas razões: para proteção das pessoas, já que podem ser facilmente tocadas, e pela exposição à umidade, que favorece a fuga de corrente;
- o esquema (i) mostra a ligação de uma TUE, alimentada por duas fases. Se o circuito fosse monofásico o esquema seria similar



### 5.4.1 Representação Gráfica dos Condutores

- o esquema (j) mostra a ligação de duas TUG's, alimentadas por fase e neutro. Observe o fio terra, como exigido pela NBR 5410.

Esta representação, feita com a simbologia da tabela 4.8, é usada para representar de forma clara, mas bastante compacta, os condutores que passam em cada trecho de eletroduto, identificar os circuitos a que pertencem e, quando completa (o que não se dará nesta lição), suas seções nominais.

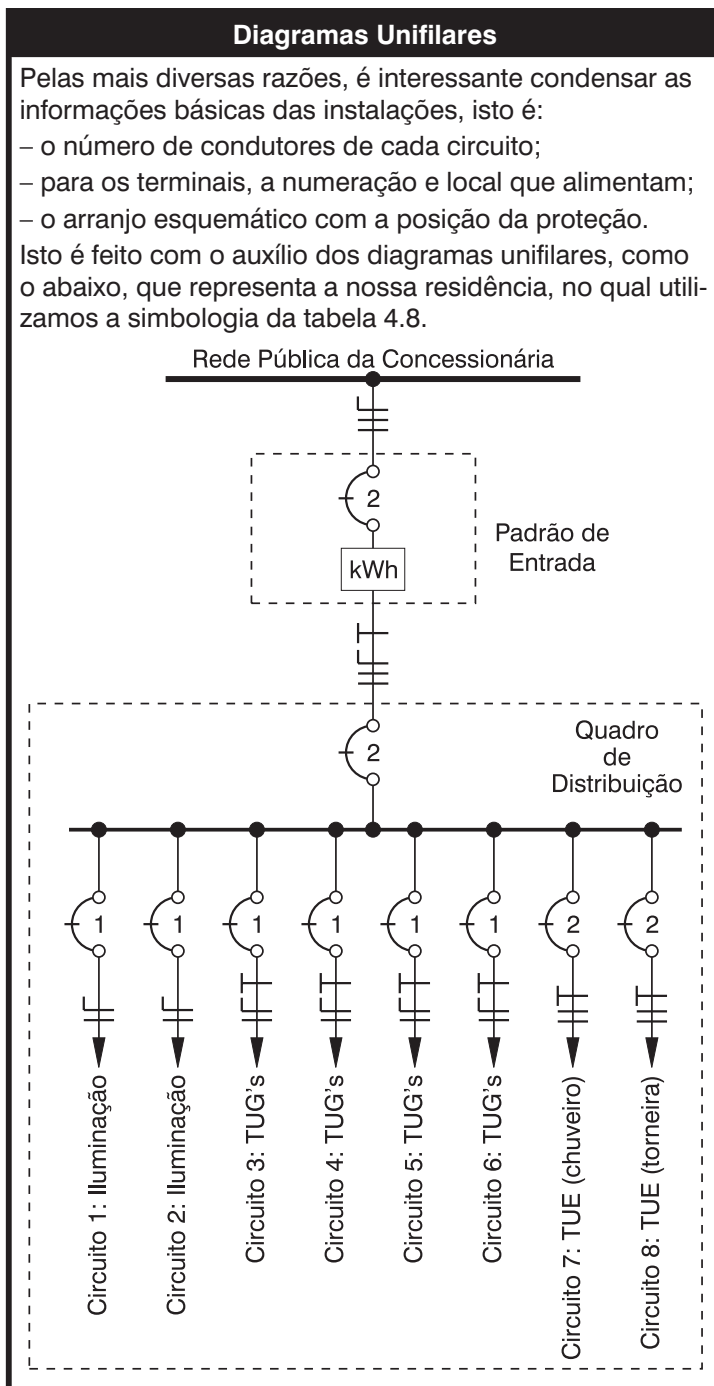
Para a nossa residência, tomando como base o desenho de projeto 3.11, que contém o caminhamento de todos os eletrodutos, faremos a representação passo-a- passo, como passamos a detalhar.

- desenho 3.12: circuito de alimentação, com duas fases, neutro e proteção, como especificado no item 4.6;
- desenho 3.13: alimentação do ponto de iluminação da sala (circuito 1, fase+neutro);
- desenho 3.14: comando do ponto de iluminação da sala, por interruptores paralelos (comando a, fase +retorno);
- desenho 3.15: alimentação das TUG's da sala (circuito 3, fase+neutro+proteção). Parte do quadro de distribuição e passa pelo ponto de iluminação;
- desenho 3.16: alimentação do ponto de iluminação da copa (circuito 2, fase+neutro). Parte do quadro de distribuição e passa pelo ponto de iluminação da sala. No mesmo desenho, representamos o comando, por interruptor simples (comando b, fase+retorno);
- desenho 3.17: alimentação das TUG's da copa (circuito 4, fase+neutro+proteção). Parte do quadro de distribuição e passa pelos pontos de iluminação da sala e da copa;
- desenho 3.18: extensão do circuito 2, que já se encontra na copa, para alimentar os pontos de iluminação da cozinha e da área externa. No mesmo desenho representamos os comandos: interruptores paralelos (comando c, fase+retorno), para a cozinha, e interruptor simples (comando d, fase+retorno) para a área externa;
- desenho 3.19: alimentação das TUG's da cozinha (circuito 5, fase+neutro+proteção) e da TUE da torneira elétrica (circuito 8, fase+fase+proteção). Parte do quadro de

distribuição e passa pelos pontos de iluminação da sala, da copa e da própria cozinha;

- desenho 3.20: alimentação e comando da campainha. É natural que ela seja alimentada pelo circuito 2, que já se encontra no ponto de iluminação da cozinha, cômodo em que está situada. Isto posto, estendemos a fase do circuito 2 do quadro de distribuição até o botão de comando e, daí, voltamos com o retorno (comando e). O retorno passa pelos pontos de iluminação da sala, da copa e da cozinha, de onde, juntamente com o neutro do circuito 2, chega à campainha;
- desenho 3.21: alimentação do ponto de iluminação do dormitório A (circuito 1, fase+neutro), partindo do quadro de distribuição. No mesmo desenho, representamos o comando, por interruptor simples (comando f, fase+retorno);
- desenho 3.22: alimentação das TUG's do dormitório A (circuito 3, fase+neutro+proteção). Parte do quadro de distribuição e passa pelo ponto de iluminação;
- desenho 3.23: alimentação do ponto de iluminação do banheiro (circuito 1, fase+neutro). Parte do quadro de distribuição e passa pelo ponto de iluminação do dormitório A. No mesmo desenho, representamos o comando, por interruptor simples (comando g, fase+retorno);
- desenho 3.24: alimentação da TUG do banheiro (circuito 3, fase+neutro+proteção). Parte do ponto de iluminação do dormitório A e passa pelo ponto de iluminação do banho;
- desenho 3.25: alimentação da TUE do chuveiro elétrico do banheiro (circuito 7, fase+fase+proteção). Parte do quadro de distribuição e passa pelos pontos de iluminação do dormitório A e do próprio banheiro;
- desenho 3.26: partindo do ponto de iluminação do banheiro, alimentamos o ponto de iluminação do hall (circuito 1, fase+neutro). Aproveitando o mesmo desenho, representamos o comando deste ponto, por interruptor simples (comando h, fase+retorno), e alimentamos a TUG ali existente (circuito 3, fase+neutro+proteção);
- desenho 3.27: alimentação do ponto de iluminação do dormitório B (circuito 1, fase+neutro), a partir do ponto do hall. No mesmo desenho, representamos o comando, por interruptor simples (comando i, fase+retorno);

- desenho 3.28: alimentação das TUG's do dormitório B (circuito 3, fase+neutro+proteção), a partir do ponto de iluminação do hall;
- desenho 3.29: alimentação do ponto de iluminação da área de serviço (circuito 2, fase+neutro), a partir do quadro de distribuição, passando pelos pontos de iluminação do dormitório A, banheiro, hall e dormitório B. No mesmo desenho, representamos o comando, por interruptor simples (comando j, fase+retorno);
- desenho 3.30: alimentação das TUG's da área de serviço (circuito 6, fase+neutro+proteção). Parte do quadro de distribuição e passa pelos pontos de iluminação do dormitório A, do banheiro, do hall, do dormitório B e da própria área de serviço.



Completado o desenho 3.30, fica claro que o caminhamento adotado para os eletrodutos não cumpre a recomendação dada no item 5.3, de limitar em 5 a quantidade de circuitos dentro de um mesmo trecho.

Destacamos esta falha no desenho 3.31, onde se pode ver que: pelo trecho que vai do quadro de distribuição ao ponto de iluminação da sala, passam 6 circuitos, sendo que três outros estão na fronteira deste limite.

Temos, portanto, que encontrar uma alternativa. Entre as muitas possíveis, usaremos a do desenho 3.32, no qual criamos dois novos trechos:

- do quadro de distribuição até o ponto de iluminação da copa;
- do ponto de iluminação da cozinha ao da área de serviço;

e remanejamos adequadamente a passagem dos circuitos.

Com esta simples providência, um péssimo caminhamento ficou até bem aceitável.

## 5.5 Recapitulação

*(respostas na última página)*

- a) O circuito de distribuição liga o medidor do padrão de entrada ao quadro de distribuição.  
sim  não
- b) Do quadro de distribuição partem os circuitos terminais que alimentam a iluminação, as tomadas de uso geral (TUG's) e as de uso específico (TUE's).  
sim  não
- c) A NBR 5410 exige que sejam previstos circuitos terminais distintos para iluminação e tomadas de usos geral (TUG's).  
sim  não
- d) As TUG's de copas, copas-cozinha e áreas de serviço não precisam fazer parte de circuitos exclusivos, mas, como para os demais cômodos, podem ser agrupadas em um mesmo circuito.  
sim  não
- e) Ainda que não especificado pelas normas, recomenda-se dividir os circuitos de iluminação de forma que cada um não ultrapasse a potência máxima de 1500VA, na tensão de 127V, ou de 2500VA, na tensão de 220V.  
sim  não
- f) As caixas de derivação octogonais, onde são instalados os pontos de iluminação situados no teto, não devem receber a interligação de mais de 6 eletrodutos, para evitar seu congestionamento com emendas e passagem de condutores.  
sim  não
- g) Sem qualquer problema de congestionamento com emendas e passagem de condutores, pode-se permitir que as caixas de derivação retangulares e quadradas, onde são instalados os interruptores e as tomadas situados nas paredes, recebam a interligação de mais de 4 eletrodutos.  
sim  não
- h) Ainda que não seja obrigatório, mas para evitar grandes diâmetros e seções nominais elevadas dos condutores, limita-se em 5 a quantidade de circuitos dentro de um eletroduto.  
sim  não

- i) Como exigido pela NBR 5410, os interruptores sempre seccionam a fase, nunca o neutro.  
sim  não
- j) Condutor de retorno é a designação que recebe uma fase após ser seccionada.  
sim  não
- k) Diversas lâmpadas comandadas pelo mesmo interruptor têm que ser ligadas em paralelo, pois, se ligadas em série, caso uma queime, o circuito será interrompido e as outras se desligam.  
sim  não
- l) Lâmpadas alimentadas por duas fases podem ser comandadas por interruptores simples. O uso de interruptores bipolar simples (construídos para seccionar duas fases) é opcional.  
sim  não

Anotações

