

Passo-a-Passo das Instalações Elétricas Residenciais

Eng. Ricardo Prado Tamietti, M.Sc.

IEA Editora – CENTENE

- 4.1 Introdução**
- 4.2 Iluminação**
- 4.3 Tomadas**
- 4.4 Previsão de Carga e Locação dos Pontos**
 - 4.4.1 Locação dos Pontos
 - 4.4.1.1 Iluminação
 - 4.4.1.2 Interruptores
 - 4.4.1.3 TUG's
 - 4.4.1.4 TUE's
 - 4.4.1.5 Campainha
- 4.5 Potência de Alimentação**
 - 4.5.1 Demanda de Nossa Residência
- 4.6 Fornecimento de Energia Elétrica**
 - 4.6.1 Padrão de Entrada



4.1 Introdução

O levantamento da carga (ou potência) elétrica é regulamentado pela NBR 5410, na qual se baseiam os critérios e parâmetros que apresentaremos para os pontos de iluminação e para as tomadas.

Este levantamento é o primeiro passo a ser dado num projeto de instalação elétrica, servindo de subsídio para consultas prévias às concessionárias, para elaboração de anteprojetos, orçamentos preliminares e definição da viabilidade econômica da obra.

4.2 Iluminação

Idealmente, a carga e a quantidade de pontos de iluminação deve ser levantada a partir do projeto luminotécnico, elaborado conforme as iluminâncias prescritas pela NBR 5413. Quando este projeto não estiver disponível, como é o caso da maioria dos projetos residenciais (inclusive o do nosso curso), utiliza-se os dados da tabela 4.1, prescritos pela NBR 5410 para as dependências de unidades residenciais e acomodações de hotéis e similares.

Então, pela tabela 4.1, para o projeto da nossa residência, cujas dimensões estão mostradas no desenho 3.1, teremos:

Quantidade de pontos de iluminação

Em vista da pequena dimensão dos cômodos, empregaremos a quantidade mínima, ou seja, apenas 1 ponto de iluminação em cada. Quanto a área externa, como a norma não estabelece nenhum critério, a nossa opção será iluminá-la apenas com 1 ponto.

Tabela 4.1
Critérios e Parâmetros da NBR 5410 para Levantamento da Carga de Iluminação

Quantidade mínima:

Prever pelo menos 1 ponto de iluminação no teto, comandado por interruptor de parede.

Potência aparente mínima para cada cômodo:

- área até 6m²: 100VA;
- área acima de 6m²: 100VA para os primeiros 6m², acrescidos de 60VA para cada parcela adicional de 4m² inteiros.

Notas:

- os valores apurados se referem à potência destinada ao dimensionamento dos circuitos, não correspondendo necessariamente à potência das lâmpadas;
- a NBR 5410 não estabelece critérios para iluminação externa;
- nos banheiros, as arandelas devem estar situadas, no mínimo, a 60 centímetros do limite do box.
- em cômodos com área a partir de 15m² ou com ambientes distintos, desde que respeitado o mínimo aqui previsto, a potência de iluminação pode ser dividida entre dois ou mais pontos, visando uma melhor distribuição do fluxo luminoso.

Área dos cômodos

Na verdade, estaremos interessados em formatar as áreas de modo a enquadrá-las nos parâmetros da tabela 4.1. Para isto, o procedimento é o seguinte:

- a) as áreas até 6m^2 são consideradas iguais a 6m^2 ;
- b) das áreas acima de 6m^2 , subtrai-se 6m^2 . Do resto extrai-se quantas parcelas inteiras de 4m^2 ele contiver.

Procedendo desta maneira, obtemos:

Cômodo	Área		
	do Cômodo [m^2]	Parcela de 6m^2	Parcelas de 4m^2
Sala	$3,25 \times 3,05 \dots \dots 9,91$	1	$9,91 - 6 = 3,91 < 4 \dots \dots 0$
Copa	$3,10 \times 3,05 \dots \dots 9,45$	1	$9,45 - 6 = 3,45 < 4 \dots \dots 0$
Cozinha	$3,75 \times 3,05 \dots \dots 11,43$	1	$11,43 - 6 = 5,43 = 4 + 1,43 \dots 1$
Dormitório A	$3,25 \times 3,40 \dots \dots 11,05$	1	$11,05 - 6 = 5,05 = 4 + 1,05 \dots 1$
Banheiro	$1,80 \times 2,30 \dots \dots 4,14$	1	0
Hall	$1,80 \times 1,00 \dots \dots 1,80$	1	0
Dormitório B	$3,15 \times 3,40 \dots \dots 10,71$	1	$10,71 - 6 = 4,71 = 4 + 0,71 \dots 1$
Área de serviço	$1,75 \times 3,40 \dots \dots 5,95$	1	0

Potência de iluminação

Pela tabela 4.1, os cômodos, independente de suas áreas, terão uma potência de iluminação mínima de 100VA.

Ainda pela mesma tabela, a cada parcela inteira de 4m^2 que suas áreas contiverem, após descontados 6m^2 , devem ser acrescentados 60VA. A tabela 4.2 detalha como esta computação foi feita para a nossa residência.

Tabela 4.2
Potência de Iluminação [VA]

Cômodo	Potência Relativa às Parcelas		Potência Total
	6m^2	4m^2	
Sala	$1 \times 100 = 100$	$0 \times 60 = 0$	100
Copa	$1 \times 100 = 100$	$0 \times 60 = 0$	100
Cozinha	$1 \times 100 = 100$	$1 \times 60 = 60$	160
Dormitório A	$1 \times 100 = 100$	$1 \times 60 = 60$	160
Banheiro	$1 \times 100 = 100$	$0 \times 60 = 0$	100
Hall	$1 \times 100 = 100$	$0 \times 60 = 0$	100
Dormitório B	$1 \times 100 = 100$	$1 \times 60 = 60$	160
Área de serviço	$1 \times 100 = 100$	$0 \times 60 = 0$	100
Área externa ^(a)	—	—	100

Nota (a): como a norma não estabelece critérios par a área externa, optamos por iluminá-la com uma potência de 100VA.

4.3 Tomadas

No caso de arranjo pré-fixado para móveis e/ou equipamentos de utilização estacionários, as distâncias entre tomadas podem não ser atendidas, devendo-se, porém, observar a quantidade mínima prescrita.

As tomadas destinadas a aparelhos móveis (enceradeiras, aspiradores de pó, ventiladores etc) e portáteis (televisores, som, liquidificadores, furadeiras etc) são denominadas **tomadas de uso geral (TUG's)** — a tabela 4.3 traz os critérios e parâmetros para levantamento de suas cargas.

Em contraposição a estas últimas, as **tomadas de uso específico (TUE's)**, são destinadas à ligação de equipamentos fixos ou estacionários (chuveiros elétricos, ar condicionado, lavadoras e secadoras de roupa, fornos de microondas e similares) — a tabela 4.4 traz os critérios e parâmetros para levantamento de suas cargas.

Tabela 4.3
Critérios e Parâmetros da NBR 5410 para Levantamento da Carga de TUG's

Quantidade mínima p/ residências:

- banheiros: 1 TUG junto ao lavatório, situada, no mínimo, a 0,60m do limite do box, independente da área;
- cozinhas, copas, copas-cozinha, áreas de serviço e locais similares: 1 TUG para cada 3,5m ou fração do perímetro, independente da área. Havendo bancadas com largura a partir de 0,30m, pelo menos uma TUG deverá ser localizada acima delas;
- subsolos, varandas, halls, corredores, garagens e sótãos: pelo menos 1 TUG, independente da área;
- outros cômodos com área até 6m²: pelo menos 1 TUG;
- outros cômodos com área acima de 6m²: no mínimo 1 TUG para cada 5m ou fração do perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível.

Potência aparente mínima para cada cômodo:

- banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinha, áreas de serviço e locais similares: para as 3 primeiras TUG's, atribuir 600VA por TUG. Para cada uma das excedentes, atribuir 100VA;
- outros cômodos: 100VA por TUG.

Notas:

- caixas de derivação contendo mais de 1 TUG, para efeito de contagem e de levantamento da carga, devem ser consideradas como 1 TUG;
- em varandas, quando não for possível a instalação no próprio local, instalar a TUG próxima a seu acesso.

Tabela 4.4
Critérios e Parâmetros da NBR 5410 para Levantamento da Carga de TUE's

Quantidade mínima:

- de acordo com a quantidade de aparelhos com corrente superior a 10A.

Potência ativa mínima para cada TUE:

- a do equipamento que a ela será ligado (veja a tabela 4.5).

Nota:

- quando a potência do equipamento que será ligado à TUE não for conhecida, atribuir a potência do equipamento mais potente possível de ser ligado ou, então, a potência calculada pelo produto da corrente da TUE e da tensão do respectivo circuito.

Fator de Utilização (u)

A atribuição de potência à uma TUG corresponde à aplicação de um fator de utilização (u) à tomada.

Por exemplo: uma tomada de 10A, a ser alimentada em 220V, pela expressão 2.11.b tem uma potência nominal igual a:

$$10 \times 220 = 2200 \text{ VA}$$

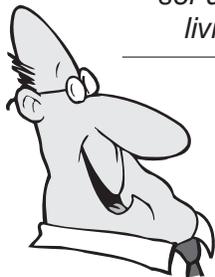
Pois bem, ao atribuir a ela uma potência de 100VA, estamos, na realidade, aplicando um fator de utilização igual a:

$$u = \frac{100}{2200} = 0,045 \text{ (4,5\%)}$$

Tabela 4.5
Alguns Aparelhos e suas Potências Ativas Típicas

Aquecedor de água central (boiler) de 50 a 100 litros: 1000 W
Idem de 150 a 200 litros: 1250 W
Idem de 250 litros: 1500 W
Idem de 300 a 350 litros: 2000 W
Idem de 400 litros: 2500 W
Aquecedor de água de passagem: 4000 a 8200 W
Aquecedor de ambiente (portátil): 500 a 1500 W
Aspirador de pó residencial: 500 a 1000 W
Barbeador: 8 a 12 W
Batedeira: 100 a 300 W
Cafeteira: 1000 W
Centrífuga: 150 a 300 W
Churrasqueira: 3000 W
Chuveiro: 4000 a 6500 W
Condicionador de ar (tipo janela) de 7100 BTU/h: 900 W
Idem de 8500 BTU/h: 1300 W
Idem de 10000 BTU/h: 1400 W
Idem de 12000 BTU/h: 1600 W
Idem de 14000 BTU/h: 1900 W
Idem de 18000 BTU/h: 2600 W
Idem de 21000 BTU/h: 2800 W
Condicionador de ar central: 8000 W
Congelador residencial (freezer): 350 a 500 W
Cortador de grama: 800 a 1500 W
Ebulidor de água: 2000 W
Exaustor de ar para cozinha: 300 a 500 W
Faca elétrica: 135 W
Ferramentas portáteis: 500 a 1800 W
Ferro de passar roupa: 800 a 1650 W
Forno de microondas: 2500 W
Geladeira: 150 a 500 W
Grelha: 1200 W
Lâmpada incandescente: 40 a 100 W
Lavadora de pratos: 1200 a 2800 W
Lavadora de roupas: 770 W
Liquidificador: 270 W
Máquina de costura: 60 a 150 W
Máquina de escrever: 150 W
Microcomputador e impressora: 400 W
Projektor de slides: 250 W
Retroprojektor: 1200 W
Secador de cabelo: 500 a 1200 W
Secadora de roupa: 2500 a 6000 W
Televisor: 75 a 300 W
Torneira elétrica: 2800 a 5200 W
Torradeira: 500 a 1200 W
Ventilador portátil: 300 W

A quantidade de TUG's, que calculamos ao lado, referem-se ao mínimo previsto pela tabela 4.3, cuja fonte é a NBR 5410. Entretanto, para atender aplicações específicas, esta quantidade pode ser aumentada livremente.



Então, de acordo com os parâmetros da tabela 4.3 e 4.4, para o projeto da nossa residência, teremos:

Quantidade de TUG's

Ordenando a apuração da quantidade de TUG's pelo critério de dependência da área e/ou do perímetro dos cômodos:

independente da área e do perímetro:

Banheiro 1 TUG

independente da área, mas dependente do perímetro:

Copa: $2 \times (3,10 + 3,05) = 12,3 m \rightarrow \frac{12,3}{3,5} = 3,5 \dots 4$ TUG

Cozinha: $2 \times (3,75 + 3,05) = 13,6 m \rightarrow \frac{13,6}{3,5} = 3,9 \dots 4$ TUG

Área serv.: $2 \times (1,75 + 3,40) = 10,3 m \rightarrow \frac{10,3}{3,5} = 2,9 \dots 3$ TUG

dependente da área e do perímetro:

Pelas áreas calculadas no item 4.2, apenas a do hall fica abaixo de $6m^2$. Logo:

Hall 1 TUG

Para os demais cômodos, resulta:

Sala: $2 \times (3,25 + 3,05) = 12,6 m \rightarrow \frac{12,6}{5} = 2,5 \dots 3$ TUG

Dormit. A: $2 \times (3,25 + 3,40) = 13,3 m \rightarrow \frac{13,3}{5} = 2,7 \dots 3$ TUG

Dormit. B: $2 \times (3,15 + 3,40) = 13,1 m \rightarrow \frac{13,1}{5} = 2,6 \dots 3$ TUG

Quantidade de TUE's

Além de 1 chuveiro elétrico no banheiro, a nossa residência contará apenas com uma torneira elétrica na cozinha. Em vista disso:

Banheiro 1 TUE

Cozinha. 1 TUE

Potência das tomadas

A partir das quantidades das tomadas, fica muito simples aplicar os parâmetros das tabelas 4.3 e 4.4 para determinar a previsão de carga correspondente. Veja, na tabela 4.6, como o fizemos.

4.4 Previsão de Carga e Locação dos Pontos

Tabela 4.6
Potência das Tomadas

Cômodo	TUG's [VA]		TUE's [W]	
	Quant.	Potência	Quant.	Potência
Sala	3	3 × 100	—	—
Copa ^(a)	4	3 × 600 1 × 100	—	—
Cozinha ^(a)	4	3 × 600 1 × 100	1	1 × 3500 ^(b)
Dormitório A	3	3 × 100	—	—
Banheiro ^(a)	1	1 × 600	1	1 × 4400 ^(c)
Hall	1	1 × 100	—	—
Dormitório B	3	3 × 100	—	—
Área de serviço ^(a)	3	3 × 600	—	—

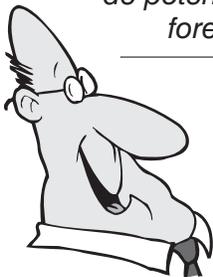
Notas:
 (a): conforme a tabela 4.3, para estes cômodos, “para as 3 primeiras TUG's, atribuir 600VA por TUG. Para cada uma das excedentes, atribuir 100VA”;
 (b): torneira elétrica (veja a tabela 4.5);
 (c): chuveiro elétrico (veja a tabela 4.5).

Evidentemente, a previsão de carga indicada na tabela 4.7 é fornecida pelo agrupamento dos dados das tabelas 4.2 e 4.6.

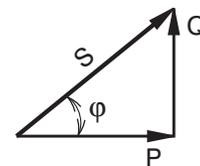
Tabela 4.7
Quantidade de Pontos e Previsão de Carga por Cômodo

Cômodos	Potência Aparente				Pot. Ativa	
	Iluminação		TUG's		TUE's	
	Quant.	[VA]	Quant.	[VA]	Quant.	[W]
Sala	1	100	3	300	—	—
Copa	1	100	4	1900	—	—
Cozinha	1	160	4	1900	1	3500
Dormitório A	1	160	3	300	—	—
Banheiro	1	100	1	600	1	4400
Hall	1	100	1	100	—	—
Dormitório B	1	160	3	300	—	—
Área de serviço	1	100	3	1800	—	—
Área externa	1	100	—	—	—	—
Totais:		1080		7200		7900

Muito cuidado ao somar a potência aparente de um conjunto de cargas. Fazê-lo algebricamente só é possível se o fator de potência das cargas forem iguais.



É errado simplesmente somar as parcelas das potências previstas para iluminação, TUG's e TUE's, pois estamos operando com grandezas vetoriais, como explicamos no item 2.4, através do triângulo das potências, cuja figura repetimos ao lado.



Em vista disso, qual a razão de haveremos usado este procedimento condenável na tabela 4.7, apesar de sabermos, da trigonometria, que apenas vetores com a mesma inclinação podem ser somados algebricamente e que, para vetores com inclinações diferentes, isto tem que ser feito vetorialmente?

A razão é simples.

Como as potências ativa **P** e reativa **Q**, independentemente da carga (módulo do vetor), apresentam sempre a mesma inclinação (0° e $\pm 90^\circ$, respectivamente), suas parcelas podem ser totalizadas algebricamente — o que explica o nosso procedimento em relação à potência total das TUE's na tabela 4.7.

Entretanto, a menos que as cargas possuam o mesmo ângulo ϕ (fator de potência), isto não pode se feito em relação à potência aparente **S** — casos da iluminação e das TUG's da tabela 4.7; mas que, ainda assim, o fizemos.

Para estas cargas, o que nos permitiu somar suas parcelas algebricamente, sem incorrer em erro, foi estarmos tratando com instalações elétricas residenciais, nas quais, como anotado junto à expressão 2.13, usualmente os fatores de potência são constantes e iguais a:

- iluminação incandescente $\cos \phi = 1,0$
- tomadas de uso geral (TUG's) $\cos \phi = 0,8$

Em outras palavras: nas instalações elétricas residenciais, pode-se totalizar algebricamente as parcelas das potências aparentes previstas para iluminação incandescente (caso de nossa residência), uma vez que todos os vetores referentes a essas cargas têm inclinação igual; o que, analogamente, é verdade em relação às TUG's.

Estendendo um pouco mais este assunto, vamos supor o caso de dois cômodos, alimentados pelo mesmo circuito, cada um com 100VA de potência aparente de iluminação, porém, o primeiro sendo iluminado por lâmpada incandescente, com o fator de potência igual a 1, e o outro, por lâmpada fluorescente, com o fator igual a 0,85.

Nesta hipótese, o procedimento correto para totalizar a potência dos dois cômodos seria o seguinte:

- usando o índice 1 e 2 para designar os cômodos, as potências ativa e reativa absorvidas em ambos seriam:

$$P = P_1 + P_2 \dots \dots \dots (i)$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \dots \dots \dots (ii)$$

o que levaria a expressão (e) do item 2.4 a tomar a seguinte forma:

$$S = \sqrt{(P_1 + P_2)^2 + (Q_1 + Q_2)^2} \dots \dots \dots (iii)$$

- da expressão (f) do item 2.4, podemos escrever que as parcelas P_1 e P_2 da potência ativa são dadas por:

$$P_1 = S_1 \cdot \cos \varphi_1$$

$$P_2 = S_2 \cdot \cos \varphi_2$$

e da expressão (g) do item 2.4, que as parcelas Q_1 e Q_2 da potência reativa são dadas por:

$$Q_1 = S_1 \cdot \text{sen } \varphi_1$$

$$Q_2 = S_2 \cdot \text{sen } \varphi_2$$

Porém, como $S_1 = S_2 = 100 \text{ VA}$, as quatro últimas expressões ficam:

$$P_1 = 100 \cdot \cos \varphi_1 \dots \dots \dots (iv)$$

$$P_2 = 100 \cdot \cos \varphi_2 \dots \dots \dots (v)$$

$$Q_1 = 100 \cdot \text{sen } \varphi_1 \dots \dots \dots (vi)$$

$$Q_2 = 100 \cdot \text{sen } \varphi_2 \dots \dots \dots (vii)$$

- como está suposto que:

$$\cos \varphi_1 = 1,0 \rightarrow \varphi_1 = \arccos(1,0) = 0^\circ$$

$$\cos \varphi_2 = 0,85 \rightarrow \varphi_2 = \arccos(0,85) = 31,8^\circ$$

resulta:

$$\text{sen } \varphi_1 = \text{sen } (0) = 0$$

$$\text{sen } \varphi_2 = \text{sen } (31,8) = 0,53$$

- substituindo estes últimos valores em (iv) a (vii), vem:

$$P_1 = 100 \times 1 = 100 \text{ W}$$

$$P_2 = 100 \times 0,85 = 85 \text{ W}$$

$$Q_1 = 100 \times 0 = 0 \text{ VAR}$$

$$Q_2 = 100 \times 0,53 = 53 \text{ VAR}$$

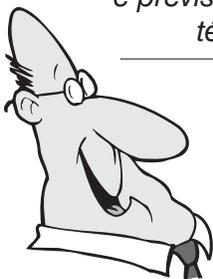
que levados em (iii) fornecem, finalmente:

$$S = \sqrt{(100 + 85)^2 + (0 + 53)^2} = 192,4 \text{ VA}$$

Nota: observe que, erroneamente, se não fossem considerados os fatores de potência, obteríamos o seguinte valor: $S = S_1 + S_2 = 100 + 100 = 200 \text{ VA}$.

4.4.1 Localção dos Pontos

Para a locação dos pontos elétricos (lâmpadas, tomadas, interruptores etc.), prevalece apenas o bom senso, já que este aspecto do projeto não é previsto nas normas técnicas.



O desenho do projeto elétrico, elaborado a partir da planta baixa de arquitetura, começa com a locação dos pontos de iluminação, interruptores e tomadas.

Entretanto, para ser inteligível quando concluído — ocasião em que ficará congestionado, pois mostrará, além desses pontos, todos os eletrodutos com seus diâmetros, bem como todos os condutores com suas funções e seções — alguma simplificação tem que ser feita.

Aliás, já lembrava Sir Bertrand Russel: *“Para ser inteligível temos que ser inexatos; para ser exatos temos que ser ininteligíveis”*.

Então, o que usualmente se faz é copiar da planta baixa de arquitetura apenas o contorno das paredes, dos muros de divisa (até onde forem do interesse do projeto elétrico), os vãos das portas e das janelas. Em resumo, desprezam-se todas as informações e realces arquitetônicos que não sejam de interesse do projeto elétrico.

Este foi o primeiro passo que demos para implantar o desenho 3.2.

Os pontos de iluminação, interruptores e tomadas de nossa residência, serão representados com a simbologia da tabela 4.8, que está baseada na publicação IEC 617-11, da *International Electrotechnical Commission*, complementada por símbolos de uso consagrado no Brasil (NBR 5444/77) e em países membros da IEC.

Nunca é demais enfatizar que, para escolher a locação, principalmente das tomadas e dos interruptores, é preciso analisar cuidadosamente todos os demais projetos de construção da residência (arquitetônico, estrutural, hidráulico e de decoração, entre outros) para evitar interferências.

4.4.1.1 Iluminação — havendo projeto de iluminação, prevendo destaques para determinados ambientes e/ou pontos específicos, é preciso ficar atento para atualizar a tabela 4.7, se a potência ultrapassar a que nela já tenha sido especificada. Não havendo tais exigências, os pontos de iluminação são distribuídos uniformemente em cada cômodo.

Para a nossa residência, que não dispõe de projeto de iluminação e que requer apenas um ponto por cômodo, tais pontos devem ser especificados, evidentemente, no centro da área interna de cada um deles — o ponto da área externa ficando acima de sua porta de acesso. Feito isto, anotamos suas potências correspondentes da tabela 4.7.

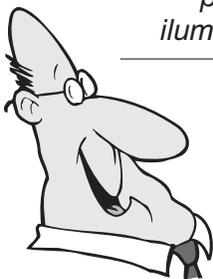
Este foi o segundo passo que demos para implantar o desenho 3.2.

Tabela 4.8
Simbologia Gráfica para Instalações Elétricas Residenciais

	Quadro de distribuição		Ponto de luz fluorescente embutido no teto: A, B, C, D=idem ao ponto de luz fluorescente na parede
	Fio fase		Tomada baixa monofásica (instalada a 0,3m do piso)
	Fio neutro (sempre azul claro)		Tomada baixa monofásica com terra (instalada a 0,3m do piso)
	Fio de retorno		Tomada baixa bifásica (instalada a 0,3m do piso)
	Condutor de proteção (sempre verde ou verde-amarelo)		Tomada baixa bifásica com terra (instalada a 0,3m do piso)
	Eletroduto embutido na laje		Tomada média monofásica (instalada a 1,3m do piso)
	Eletroduto embutido na parede		Tomada média monofásica com terra (instalada a 1,3m do piso)
	Eletroduto embutido no piso		Tomada média bifásica (instalada a 1,3m do piso)
	X=1: disjuntor monopolar X=2: disjuntor bipolar X=3: disjuntor tripolar		Tomada média bifásica com terra (instalada a 1,3m do piso)
S	Interruptor simples de 1 seção		Caixa de saída alta monofásica (instalada a 2,2m do piso)
S ₂	Interruptor simples de 2 seções		Caixa de saída alta monofásica c/ terra (instalada a 2,2m do piso)
S ₃	Interruptor simples de 3 seções		Caixa de saída alta bifásica (instalada a 2,2m do piso)
S	Interruptor bipolar		Caixa de saída alta bifásica com terra (instalada a 2,2m do piso)
S _{3W} ou S	Interruptor paralelo (three-way)		Caixa de passagem no piso: A x B x C=dimensões em [mm]
S _{4W}	Interruptor intermediário (four-way)		Caixa de passagem no teto: A x B x C=dimensões em [mm]
	Ponto de luz no teto: A=potência de iluminação B=número do circuito C=comando		Caixa de passagem na parede: A x B x C=dimensões em [mm] h = altura de instalação em [m]
	Ponto de luz na parede: A, B, C=idem ao ponto de luz no teto		Ponto de luz fluorescente na parede: A=número de lâmpadas B=número do circuito C=comando D =potência das lâmpadas
	Ponto de luz fluorescente no teto: A, B, C, D=idem ao ponto de luz fluorescente na parede		Campainha
			Botão de Campainha

Para correlacionar os interruptores aos pontos de iluminação que eles comandam, são utilizadas letras minúsculas.

Veja o desenho 3.3: nele, por exemplo, o interruptor marcado como “a” comanda o ponto de iluminação “a”.



4.4.1.2 Interruptores — estes comandos devem ser instalados antevendo a forma mais prática de serem acionados os pontos de iluminação, usando, onde necessário, interruptores simples, duplos, triplos, paralelos ou intermediários. O tipo de interruptor mais conveniente depende de diversos fatores, entre os quais: quantidade de pontos no cômodo (simples, duplos ou triplos); cômodos comunicando-se com o exterior, extremidades de escadas e corredores longos (paralelos); cômodos muito grandes ou com mais de duas portas (intermediários).

Em vista disso, na sala e na cozinha de nossa residência, adotamos interruptores paralelos — em todo o seu restante, simples. Este foi o terceiro passo que demos para implantar o desenho 3.2.

4.4.1.3 TUG's — as tomadas de uso geral (geralmente baixas e médias, veja a tabela 4.8) são distribuídas uniformemente em cada cômodo, exceto se o projeto de decoração estabelecer a posição de móveis e, conseqüentemente, de eletrodomésticos, caso em que a uniformidade poderá não ser atendida (**atenção:** isto não exime da obediência às quantidades mínimas especificadas pela norma).

Em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinha, áreas de serviço e locais similares, deve ser prevista uma tomada sobre as bancadas existentes, situada a 0,30 metros acima das mesmas.

Foi procedendo assim que posicionamos as TUG's de nossa residência, dando o quarto passo para implantar o desenho 3.2.

4.4.1.4 TUE's — as tomadas de uso específico devem ficar situadas o mais próximo possível dos equipamentos que as utilizarão — no máximo a 1,50 metros de distância e na altura mais conveniente (entre as previstas na tabela 4.8).

Para a nossa residência, após analisado o projeto hidráulico e estrutural, não houve problema em instalar as duas previstas: uma junto ao chuveiro elétrico, no banheiro, e a outra junto à torneira elétrica, na cozinha.

Com isto demos o quinto e penúltimo passo para implantar o desenho 3.2.

4.4.1.5 Campainha — evidentemente o botão fica na entrada principal e a campainha propriamente dita no cômodo de maior utilização — respectivamente, o portão e a cozinha de nossa residência. Com isto concluímos a implantação do desenho 3.2.

4.5 Potência de Alimentação

A potência de alimentação deve levar em conta a possibilidade do funcionamento não simultâneo de todas as cargas de um dado conjunto.

Isto é feito através da adoção de um fator de demanda (g) adequado.



Para determinar a potência com que nossa residência será alimentada, preliminarmente é preciso calcular a potência ativa requerida conjuntamente pela iluminação, TUG's e TUE's — a que se denomina **potência instalada**.

A potência instalada P_I é calculada a partir dos dados da tabela 4.7, com o cuidado de usar a mesma unidade de medida, no caso, o watt. Isto pode ser facilmente conseguido ao ser considerado o fator de potência, como estabelecido pela expressão 2.13, escrita sob a forma: $P = S \cdot \cos \varphi$ (veja, na tabela 4.9, como o fizemos).

Carga	Potência Prevista	Fator de Potência $\cos \varphi$ (a)	Potência Ativa [W]
Iluminação	1080 VA	1,0	$1080 \times 1,0 = 1080$
TUG's	7200 VA	0,8	$7200 \times 0,8 = 5760$
TUE's	7900 W	—	7900
$P_I = \text{Potência Instalada} =$			14740

Nota (a): para valores, veja a expressão 2.13.

De posse da potência instalada, a tabela 4.11 determina o tipo de fornecimento de energia elétrica para a instalação.

A entrada de serviço depende também da potência instalada. No caso de unidades consumidoras urbanas (ou rurais) situadas na área da CEMIG e com $P_I < 15\text{kW}$, a potência instalada é utilizada na consulta às tabelas 4.12 e 4.15.

Nas instalações elétricas nem todas as cargas são energizadas simultaneamente. Então, para que os elementos dos circuitos não sejam superdimensionados, é preciso aplicar à potência instalada um fator de correção que traduza o maior consumo de potência provável de ocorrer.

Essa potência é dita **potência de demanda** (ou de **alimentação**) e, o fator que a determina, **fator de demanda**, valendo a seguinte expressão:

Potência de Demanda	4.1
$P_D = g \cdot P_I$	

onde:

P_D = potência de demanda, em [W] ou [VA];

g = fator de demanda, grandeza adimensional no máximo igual à unidade;

P_I = potência instalada, em [W] ou [VA].

Capacidade de Reserva

A capacidade de reserva para futuras ampliações deve também ser considerada na determinação da potência de alimentação. Isso pode ser feito incluindo-se nos conjuntos (ou como cargas isoladas) equipamentos de utilização além dos previstos inicialmente ou, então, multiplicando-se a potência de alimentação calculada por um fator maior que a unidade..

No caso de unidades consumidoras urbanas e/ou rurais com $P_I > 15\text{kW}$ situadas na área de concessão da CEMIG, além de evitar que os circuitos sejam superdimensionados, a potência de demanda é utilizada na consulta às tabelas 4.13 e 4.14 para dimensionar a entrada de serviço.

As concessionárias, através da observação de séries históricas, estabelecem os fatores de demanda para diversas situações.

Os indicados na tabela 4.10, foram transcritos da norma ND-5.1 da CEMIG (**atenção**: esses fatores podem não se aplicar a outros estados do Brasil).

Tabela 4.10
Fatores de Demanda (a)

Iluminação e TUG's (b)		TUE's (c)			
Potência [W]	g	Nº de circuitos	g	Nº de circuitos	g
0 a 1000	0,86	1	1,00	14	0,45
1001 a 2000	0,81	2	0,92	15	0,44
2001 a 3000	0,76	3	0,84	16	0,43
3001 a 4000	0,72	4	0,76	17	0,42
4001 a 5000	0,68	5	0,70	18	0,41
5001 a 6000	0,64	6	0,65	19	0,40
6001 a 7000	0,60	7	0,60	20	0,40
7001 a 8000	0,57	8	0,57	21	0,39
8001 a 9000	0,54	9	0,54	22	0,39
9001 a 10000	0,52	10	0,52	23	0,38
acima de 10000	0,45	11	0,49	24	0,38
		12	0,48	25	0,38
		13	0,46	26 a 30	0,37

Notas:

- (a): o fator de demanda tem que ser aplicado, separadamente, a cada grupo de aparelhos;
- (b): para residências, hotéis e similares;
- (c): para aparelhos eletrodomésticos, refrigeradores, aquecedores e condicionadores de ar.

4.5.1 Demanda de Nossa Residência

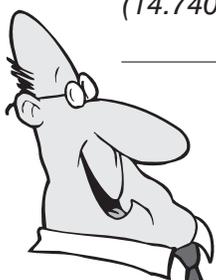
Iluminação e TUG's:

da tabela 4.9 $P_I = 1080 + 5760 = 6840\text{ W}$

da tabela 4.10 $g = 0,60$

da expressão 4.1 $0,60 \times 6840 = 4104\text{ W}$

A nossa residência, além de não ser o melhor exemplo para o cálculo da potência instalada, nem requer que este seja feito. A razão é ela estar situada na área de concessão da CEMIG e sua potência instalada (14.740W) ser inferior a 15kW.



TUE do chuveiro elétrico do banheiro:

do item 4.3 (quantidade de TUE's) 1 circuito
da tabela 4.10 $g = 1,00$
da tabela 4.7 $P_i = 4400 W$
da expressão 4.1 $1 \times 1,00 \times 4400 = 4400 W$

TUE da torneira elétrica da cozinha:

do item 4.3 (quantidade de TUE's) 1 circuito
da tabela 4.10 $g = 1,00$
da tabela 4.7 $P_i = 3500 W$
da expressão 4.1 $1 \times 1,00 \times 3500 = 3500 W$

Resultando, finalmente:

$P_D = 4104 + 4400 + 3500 = 12004W$

Nota: observe a significativa diferença entre a potência instalada (14740W) e a demandada (12004W).

Não poderíamos deixar de comentar que, para o cálculo da potência demandada pelas TUE's, a nossa residência não é o melhor exemplo.

Então, ilustrando melhor este aspecto, seja que, além da torneira elétrica, houvessem 3 chuveiros elétricos, de 4400W cada, 2 aparelhos de ar condicionado, de 2000W cada, e 1 lavadora de pratos de 1200W. Nesse caso, a potência demandada pelas TUE's seria calculada assim:

- torneira elétrica (já determinado) 3500 W
- chuveiros elétricos:
número de circuitos 3
da tabela 4.10 $g = 0,84$
potência instalada $P_i = 4400 W$
da expressão 4.1 $3 \times 0,84 \times 4400 = 11088 W$
- aparelhos de ar condicionado:
número de circuitos 2
da tabela 4.10 $g = 0,92$
potência instalada $P_i = 2000 W$
da expressão 4.1 $2 \times 0,92 \times 2000 = 3680 W$
- lavadora de pratos:
número de circuitos 1
da tabela 4.10 $g = 1,00$
potência instalada $P_i = 1200 W$
da expressão 4.1 $1 \times 1,00 \times 1200 = 1200 W$
- resultando, finalmente:
 $P_D = 3500 + 11088 + 3680 + 1200 = 19468 W$

4.6 Fornecimento de Energia Elétrica

De posse da potência prevista para a instalação, é preciso saber em que sistema ela será alimentada (se por rede secundária monofásica ou trifásica), a quantidade de fios e a tensão correspondente.

Quem define este aspecto do projeto são as concessionárias.

Para a nossa residência, que, repetimos, será construída na área de concessão da CEMIG, o enquadramento do consumidor é feito por dois critérios complementares:

**Tabela 4.11 (CEMIG ND-5.1)
Tipos de Fornecimento de Energia Elétrica**

Tipo	Potência Instalada	Fios		Especificação da Instalação
		Fase	Neutro	
A	Até 10kW	1	1	Unidades urbanas, atendidas por redes secundárias monofásicas (127V) ou trifásicas (127V), na qual não constem: – motores monofásicos com potência superior a 2CV; – máquinas de solda a transformador com potência nominal superior a 2kVA.
B	Entre 10kW e 15kW	2	1	Unidades urbanas, atendidas por redes secundárias monofásicas (127/254V) ou trifásicas (127/220V), não enquadradas no tipo A e na qual não constem: – os aparelhos vetados ao tipo A, se alimentados a 127V; – motores monofásicos com potência superior a 5CV, alimentados em 220 ou 254V; – máquinas de solda a transformador com potência nominal superior a 9kVA, alimentada em 220 ou 254V.
C	Entre 10kW e 20kW	2	1	Unidades rurais ou de periferia urbana (sítios, chácaras etc.), atendidas por redes secundárias monofásicas (3 fios), na qual não constem: – os aparelhos vetados ao tipo A, se alimentados em 127V; – motores monofásicos com potência superior a 5CV, alimentados em 254V; – máquinas de solda a transformador com potência nominal superior a 9kVA, alimentada em 220 ou 254V.
D	Entre 15 kW e 75kW	3	1	Unidades urbanas, atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V), não enquadradas nos tipos A, B e C e na qual não constem: – os aparelhos vetados ao tipo A, se alimentados em 127V; – motores monofásicos com potência superior a 5CV, alimentados em 220V; – motores de indução trifásicos com potência superior a 15CV
E	Entre 5kW e 37,5kW	2	1	Unidades rurais, obrigatoriamente atendidas por redes monofásicas rurais de média tensão, com transformadores monofásicos exclusivos (127/254V), na qual não constem; – os aparelhos vetados ao tipo A, se alimentados em 127V; – motores monofásicos com potência superior a 10CV, alimentados em 254V; – máquinas de solda a transformador com potência nominal superior a 9kVA, alimentada em 220 ou 254V.
F	Entre 15kW e 75kW	3	1	Unidades rurais, obrigatoriamente atendidas por redes trifásicas rurais de média tensão, com transformadores trifásicos exclusivos (127/220V), na qual não constem; – motores de indução trifásicos com potência superior a 50CV; – motores monofásicos com potência superior a 10CV, alimentados em 220V.
H	Até 10kW	2	1	Unidades consumidoras situadas em áreas urbanas atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V) ou monofásicas (127/254V), que não se enquadram no fornecimento tipo B, mas que terão, a pedido do consumidor, fornecimento de energia a 3 fios, e na qual não constem: – carga monofásica superior a 2,54kW para o fornecimento tipo H1; – carga monofásica superior a 5,08kW para o fornecimento tipo H2; – os aparelhos vetados ao fornecimento tipo B.
I	Até 15kW	3	1	Unidades consumidoras situadas em áreas urbanas, a serem ligadas a partir de redes secundárias trifásicas (127/220V), que não se enquadram no fornecimento tipo D, mas que terão, a pedido do consumidor, fornecimento de energia a 4 fios, e na qual não constem: – carga monofásica superior a 1,90kW para o fornecimento tipo I1; – carga monofásica superior a 3,81kW para o fornecimento tipo I2; – carga monofásica superior a 5,08kW para o fornecimento tipo I3; – os aparelhos vetados ao fornecimento tipo D.

1º critério: pela previsão da potência a ser instalada, do tipo de rede que dispõe para o local — monofásica (127/254V) ou trifásica (127/220V) — e das características dos equipamentos a serem alimentados, estabelece qual será o tipo do fornecimento (de A a I segundo a tabela 4.11, adaptada de sua norma ND-5.1);

2º critério: pela previsão da potência a ser instalada ou, dependendo do nível desta, da demanda provável, estabelece em que faixa o fornecimento será feito — segundo as tabelas 4.12 a 4.15, adaptadas de sua norma ND-5.1.

Tabela 4.12 (CEMIG ND-5.1)

Dimensionamento para Unidades Consumidoras Urbanas e/ou Rurais — Ligações a 2 e 3 Fios

Fornecimento		Carga Instalada [kW]		Número de Fios		Proteção [A]	Ramal de Entrada Embutido				Aterramento	
							Condutor [mm ²]	Eletroduto (tamanho nominal)		Quant. Eletrodos	Condutor Aço Φ [mm]	
Tipo	Faixa	De	Até	Fase	Neutro	nota (a)		nota (b)	PVC			Aço
A	A1	—	5,0	1	1	40	6	25	20	1	6,35 (1/4")	
	A2	5,1	10,0	1	1	70	16	25	20	1		
B	B	10,1	15,0	2	1	60	16	32	25	1		
C	C1	10,1	15,0	2	1	60	16	40	32	2		
	C2	15,1	20,0	2	1	70	25	40	32	2		

(a): disjuntores termo-magnéticos;

(b): b.1. condutor de cobre, PVC - 70°C. Para seções superiores a 10 mm², é obrigatório o uso de cabo. A seção do neutro deve ser igual à da fase.

Tabela 4.13 (CEMIG ND-5.1)

Dimensionamento para Unidades Consumidoras Urbanas e/ou Rurais — Ligações a 4 Fios

Fornecimento		Demanda Provável [kW]		Número de Fios		Proteção [A]	Ramal de Entrada Embutido				Aterramento	
							Condutor [mm ²]	Eletroduto (tamanho nominal)		Quant. Eletrodos	Condutor Aço Φ [mm]	
Tipo	Faixa	De	Até	Fase	Neutro	nota (a)		nota (b)	PVC			Aço
D	D1	—	15,0	4	3	40	10	32	25	2	6,35 (1/4")	
	D2	15,1	23,0			60	16	32	25	2		
	D3	23,1	27,0			70	25	40	32	2		
	D4	27,1	38,0			100	35	40	32	2		
	D5	38,1	47,0			120	50	50	40	2		
	D6	47,1	57,0			150	70	60	50	3		
	D7	57,1	66,0			175	95	75	65	3		
	D8	66,1	75,0			200	120	75	65	3		

Notas:

(a): disjuntores termo-magnéticos;

(b): b.1. condutor de cobre, PVC - 70°C. Para seções superiores a 10 mm², é obrigatório o uso de cabo. A seção do neutro deve ser igual à da fase.

A nossa residência foi enquadrada como:

- pela tabela 4.11: potência instalada de 14,74kW, unidade urbana, sem motores monofásicos com potência acima de 5cv e máquinas de solda a transformador — **tipo B**;
- pela tabela 4.12: sistema de fornecimento bifásico a 3 fios (2 fases+ neutro) — **faixa B**.

Como a CEMIG dispõe de rede secundária trifásica no local da construção, pelas tabelas 2.1 e 2.2, **contaremos com dois valores de tensão: 127 e 220V**.

Tabela 4.14 (CEMIG ND-5.1)											
Dimensionamento para Unidades Consumidoras Rurais com Transformador Exclusivo											
Fornecimento		Demanda [kVA] nota (a)		Número de Fios		Proteção [A]	Ramal de Entrada Embutido				Aterramento
							Condutor [mm ²]	Eletroduto (tamanho nominal)		Condutor Aço	
Tipo	Faixa	De	Até	Fase	Neutro	nota (b)	nota (c)	PVC	Aço	Φ [mm]	
E	E1	—	5,0	3	2	40	10	40	32	6,35 (1/4")	
	E2	5,1	10,0			70	25				
	E3	10,1	15,0			90	35				
	E4	15,1	25,0			120	50				
	E5	25,1	37,5			200	95				60
F	F1	—	15,0	4	3	50	16	40	32		
	F2	15,1	30,0			90	35				
	F3	30,1	45,0			120	50	50	40		
	F4	45,1	75,0			225	120	60	50		

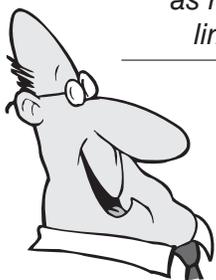
(a): o valor máximo de carga instalada, indicado em [kW] para cada faixa, corresponde à potência nominal do trafo em [kVA] a ser utilizado;
 (b): disjuntores termo-magnéticos;
 (c): c.1. condutor de cobre, PVC - 70°C. Para seções superiores a 10 mm², é obrigatório o uso de cabo;
 c.2. a seção do neutro de carga é a mesma dos condutores fase. A seção do neutro para medição é de 2,5mm².

Tabela 4.15 (CEMIG ND-5.1)												
Dimensionamento para Unidades Consumidoras Urbanas — Atendimentos Especiais												
Fornecimento		Carga Instalada [kW]		Número de Fios		Proteção [A]	Ramal de Entrada Embutido				Aterramento	
							Condutor [mm ²]	Eletroduto (tamanho nominal)		Quant. Eletrodos	Condutor Aço	
Tipo	Faixa	De	Até	Fase	Neutro	nota (a)	nota (b)	PVC	Aço	Φ [mm]		
H	H1	—	5,0	3	2	20	4	25	20	1	6,35 (1/4")	
	H2	5,1	10,0			40	10	32	25	1		
I	I1	—	5,0	4	3	15	2,5	25	20	2		
	I2	5,1	10,0			30	6	32	25	2		
	I3	10,1	15,0			40	10	32	25	2		

(a): disjuntores termo-magnéticos;
 (b): b.1. condutor de cobre, PVC - 70°C. Para seções superiores a 10 mm², é obrigatório o uso de cabo. A seção do neutro deve ser igual à da fase.

4.6.1 Padrão de Entrada

Em instalações alimentadas em baixa tensão pela concessionária, devem ser verificados os esquemas de condutores vivos disponíveis, bem como as respectivas limitações.



A figura 4.1 mostra uma das várias maneiras das concessionárias se conectarem a uma residência como a nossa, derivando um ramal de ligação da rede pública até o medidor de energia, localizado dentro do padrão de entrada — para o qual: a proteção, cabos, eletrodutos e aterramento são especificados de acordo com o tipo do fornecimento, como se vê nas tabelas 4.12 a 4.15.

Ainda que, fisicamente, as concessionárias “cheguem” somente até o padrão de entrada, elas têm o direito de visitar todas as partes da instalação elétrica a qual forneça energia, para verificar sua conformidade em relação à NBR 5410. Nesta interface concessionária / consumidor, as responsabilidades das partes são:

- do consumidor: obedecendo as especificações e detalhes construtivos da concessionária, adquirir todo o material elétrico necessário para o padrão, exceto o medidor, construí-lo, mantê-lo sempre limpo e com livre acesso para o leiturista;

- da concessionária: após aprovar o padrão, construir o ramal de ligação à rede pública de baixa tensão, conectá-lo ao ramal de entrada, instalar o medidor e interligá-lo à entrada do disjuntor.

O padrão de nossa residência ficará localizado próximo ao portão de entrada, como mostra o desenho 3.3.

Nunca é demais observar ser mandatório que os projetos das instalações elétricas obedçam os ditames da concessionária da região na qual estiver situado.

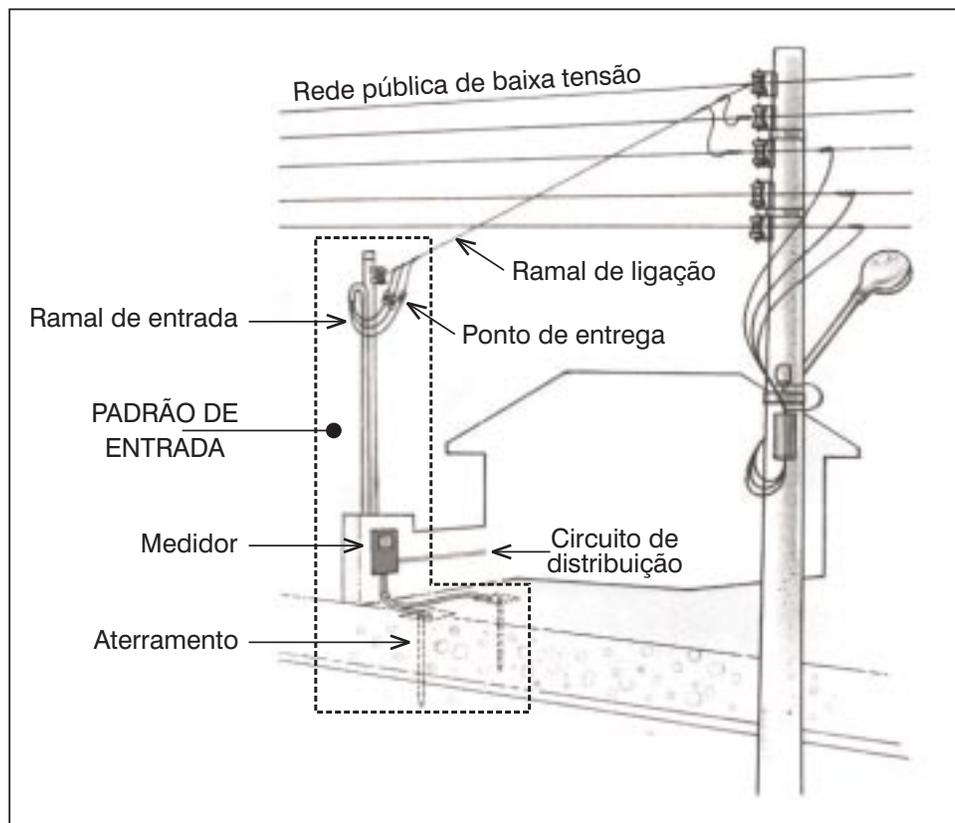


Figura 4.1:
uma das várias maneiras das concessionárias se conectarem a uma residência como a nossa.