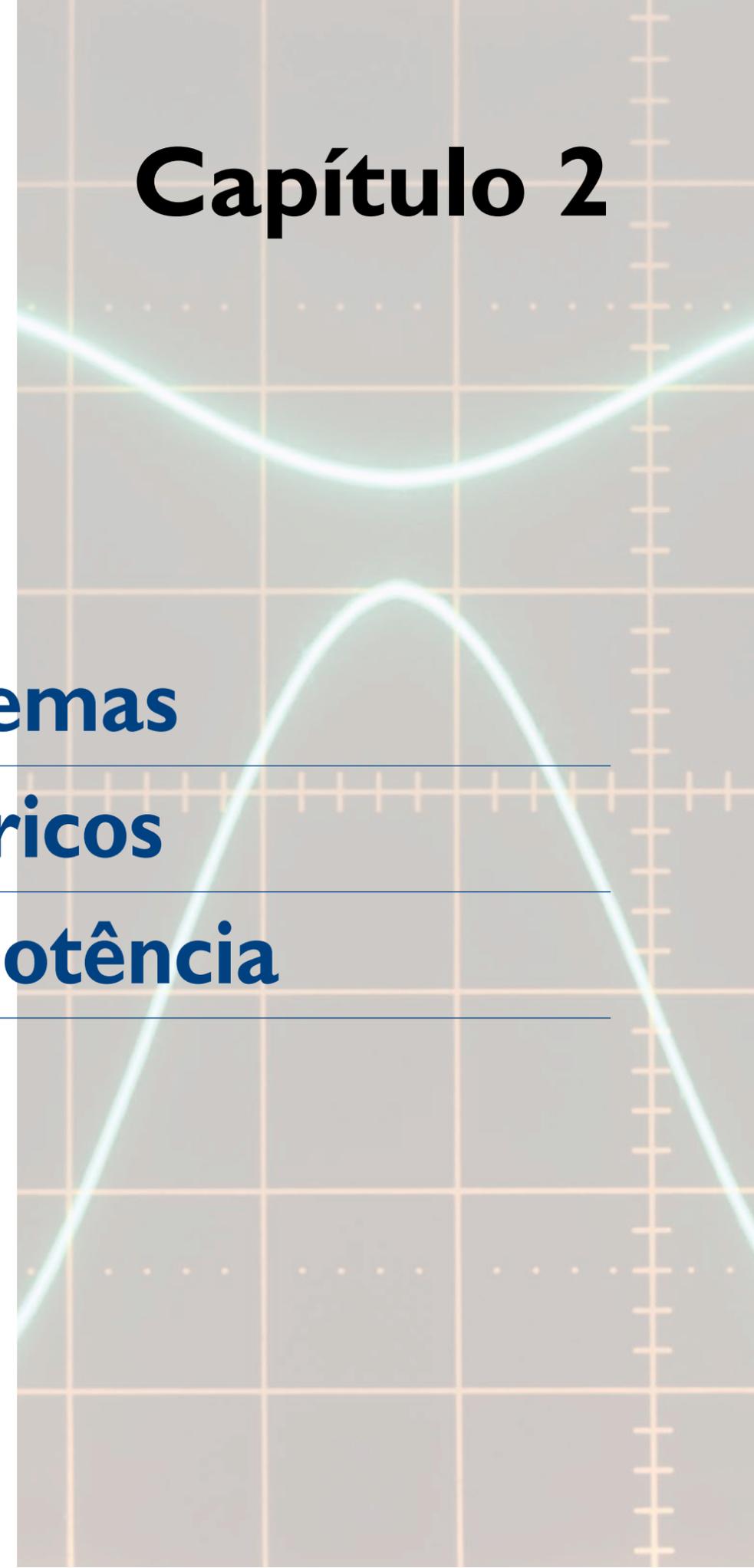


# Capítulo 2

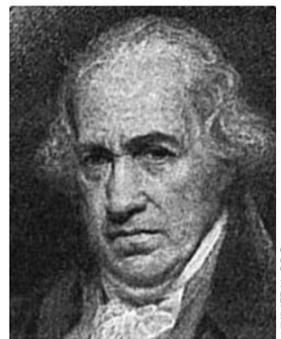
## Sistemas elétricos de potência



O desenvolvimento dos sistemas elétricos de potência (SEPs) iniciou-se com Thomas Alva Edison em 1882, ao idealizar e projetar o circuito de iluminação pública em corrente contínua para a cidade de Nova York, Estados Unidos. Além dele, outros personagens históricos possibilitaram, por meio de seus estudos e experimentos, avanços fundamentais nas diferentes etapas de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica.

**Figura 2.1**

James Watt (1736-1819).



James Watt inventou a máquina a vapor. Comparando a potência dessa máquina com a dos cavalos utilizados para retirar água das minas de carvão, constatou que um bom cavalo podia elevar um peso de 75 quilogramas-força a 1 metro de altura em 1 segundo. Assim surgiu a expressão *horsepower* (hp), que é uma antiga unidade de medida inglesa de potência. No Sistema Internacional, a unidade de medida de potência elétrica é o watt (W), em sua homenagem. Saiba que  $1 \text{ hp} = 745,69 \text{ W}$ .

**Figura 2.2**

Alessandro Volta (1745-1827).



Alessandro Volta desenvolveu a pilha constituída de discos alternados de zinco e cobre, com pedaços de papelão embebido em salmoura entre os metais, produzindo corrente elétrica. A pilha voltaica trouxe contribuições importantes para a eletroquímica, o eletromagnetismo e outras aplicações da eletricidade. Em sua homenagem foi criada a unidade de medida de força eletromotriz volt (V).



**Figura 2.3**

André-Marie Ampère (1775-1836).

André-Marie Ampère descobriu a atração e a repulsão existente entre dois fios paralelos percorridos por uma corrente elétrica, sugerindo propriedades magnéticas da corrente elétrica. Suas fundamentações teóricas, publicadas na época, foram utilizadas como base para a eletricidade e o magnetismo, dando sustentação aos princípios do eletromagnetismo. Em sua homenagem foi criada a unidade de medida de corrente elétrica ampere (A).

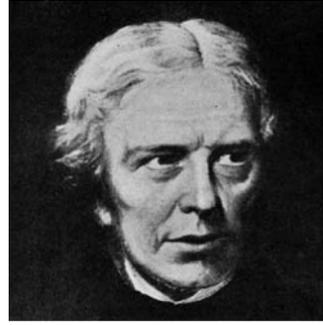
**Figura 2.4**

Georg Simon Ohm (1789-1854).



Ohm estudou os fundamentos das correntes elétricas em movimento e a resistência elétrica dos condutores. Apresentou em 1827 a lei sobre a resistência elétrica dos condutores, mais tarde denominada lei de Ohm. Em sua homenagem foi criada a unidade de medida de resistência elétrica ohm ( $\Omega$ ).



**Figura 2.5**Michael Faraday  
(1791-1867).

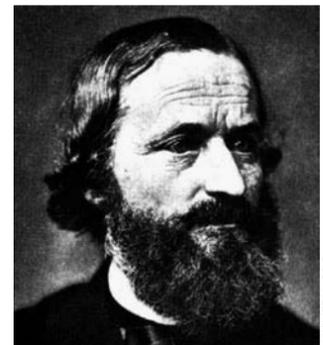
Faraday estudou os efeitos da indução eletromagnética e comprovou ser possível obter corrente elétrica por meio dos efeitos magnéticos. Analisando os resultados de muitos experimentos, elaborou a lei da indução eletromagnética, por isso conhecida como lei de Faraday. Em sua homenagem foi criada a unidade de medida de capacitância elétrica farad (F).

**Figura 2.6**

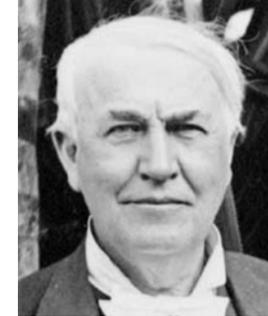
Joseph Henry (1797-1878).



Joseph Henry desenvolveu pesquisas na área do eletromagnetismo e elaborou estudos sobre a autoindução eletromagnética, a qual posteriormente serviu de base para a criação de transformadores. Também colaborou na invenção do telégrafo, do motor elétrico e do telefone. Em sua homenagem foi criada a unidade de medida de indutância henry (H).

**Figura 2.7**Gustav Robert Kirchhoff  
(1824-1887).

Ao estudar os fundamentos da corrente elétrica, tensão e resistência nos condutores, elaborou, em 1847, as leis das malhas e dos nós, que permitem calcular o valor da corrente em circuitos elétricos, conhecidas como leis de Kirchhoff para correntes e tensões.

**Figura 2.8**Thomas Alva Edison  
(1847-1931).

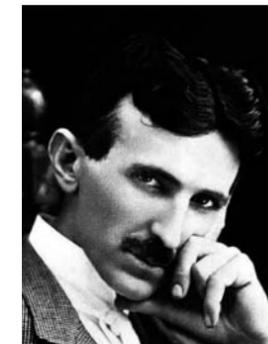
Thomas Edison inventou a lâmpada elétrica (incandescente) em 1879. Em 1882, desenvolveu o primeiro sistema de distribuição de energia elétrica do mundo, que foi utilizado para distribuir energia elétrica a uma parte da cidade de Nova York, Estados Unidos.

**Figura 2.9**William Stanley  
(1858-1968).

Em 1886, Stanley construiu e colocou em operação o primeiro sistema em corrente alternada: o transformador e outros equipamentos elétricos auxiliares de transformação de corrente alternada.

**Figura 2.10**

Nikola Tesla (1856-1943).



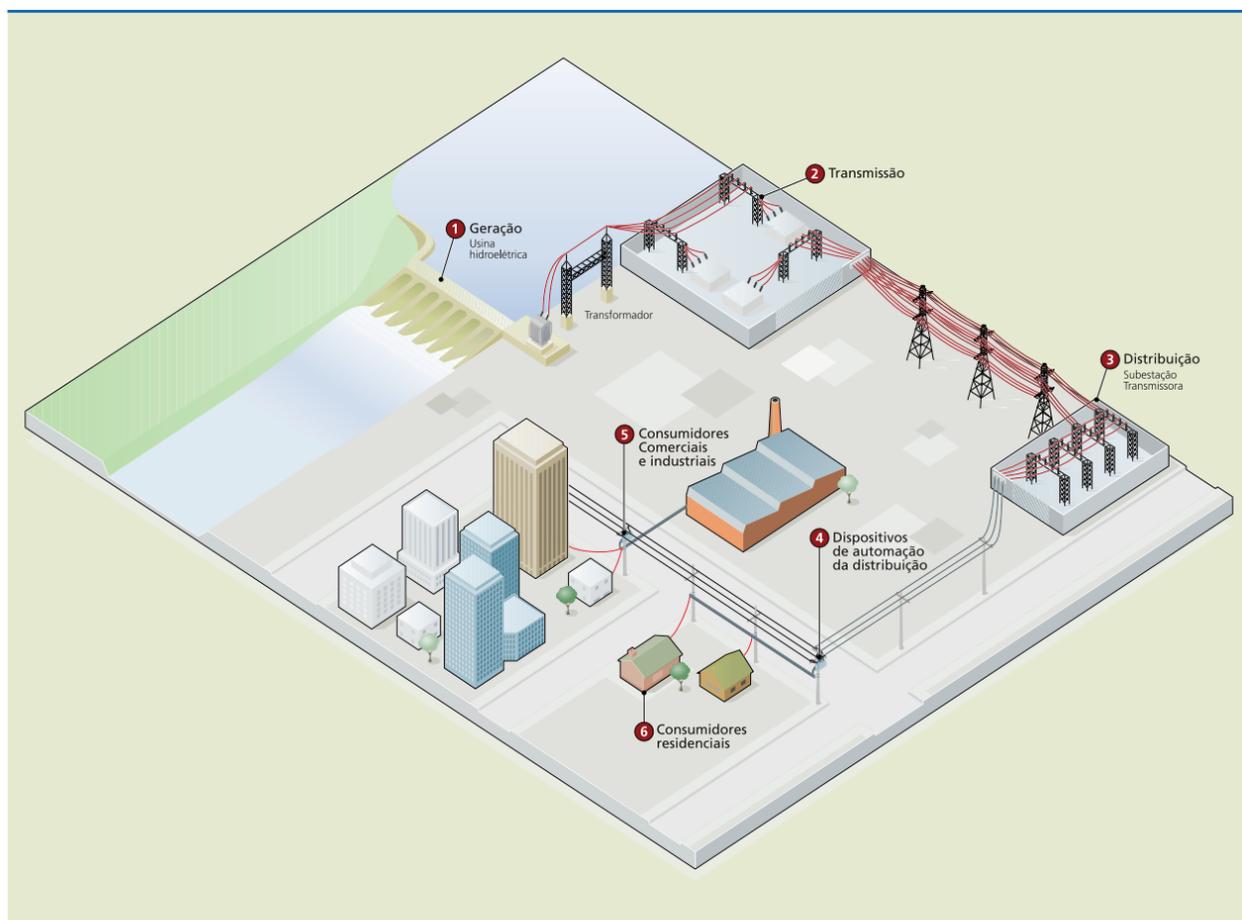
Tesla foi o inventor do campo magnético rotativo e do sistema completo de produção e distribuição de energia elétrica (motores, geradores), baseado no uso de corrente alternada. Em sua homenagem foi criada a unidade de medida de densidade de fluxo magnético tesla (T).

## 2.1 Segmentos do sistema elétrico de potência

Os SEPs podem ser divididos em quatro etapas distintas: geração, transmissão, distribuição e consumo ou utilização. Neste capítulo estudaremos os sistemas elétricos de potência utilizados na geração, transmissão e distribuição de energia (figura 2.11):

**Figura 2.11**

Segmentos de um sistema elétrico de potência.



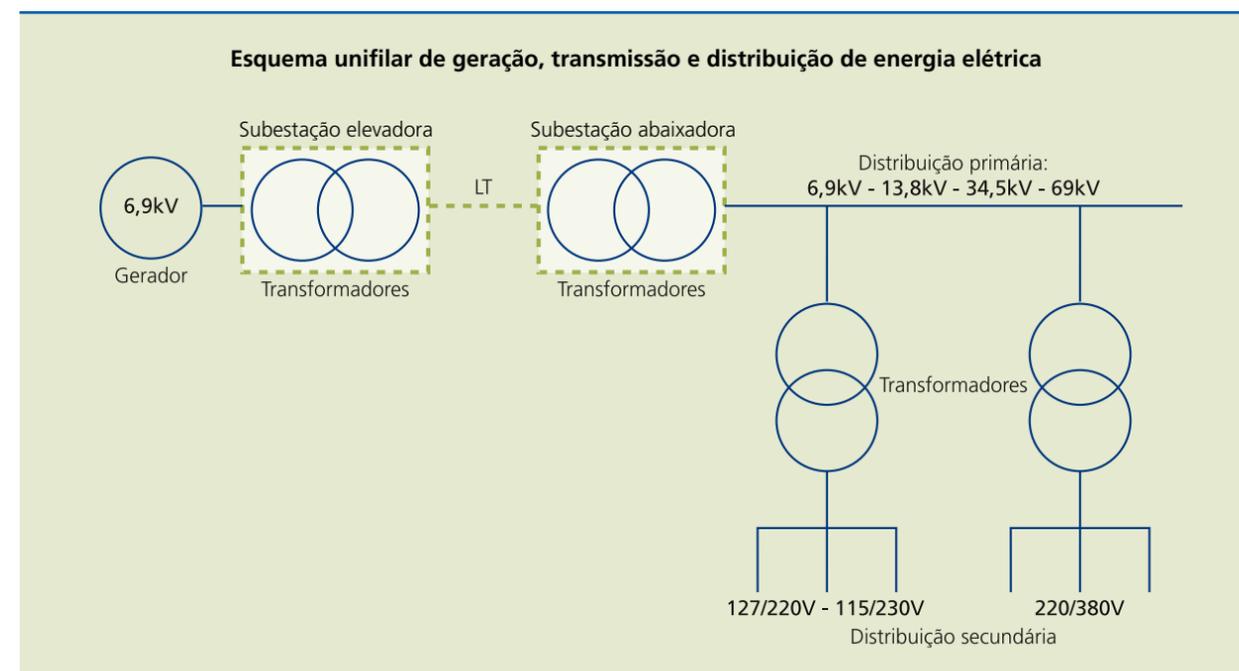
No Brasil, a maior parte das usinas geradoras de energia elétrica está distante dos centros consumidores, motivo pelo qual é necessário utilizar linhas de transmissão. A energia gerada nas usinas segue em alta tensão nas linhas de transmissão e, antes de ser distribuída, é rebaixada para os valores usados pelos consumidores residenciais, comerciais e industriais (figura 2.12).

A energia elétrica é produzida por meio da energia mecânica que movimenta os eixos das turbinas dos grandes geradores. A energia mecânica pode ser obtida por energia hidráulica, que aproveita a energia potencial da água armazenada

para movimentar as turbinas, ou por energia térmica, em que a água é aquecida e o vapor, a alta pressão, movimenta as turbinas.

**Figura 2.12**

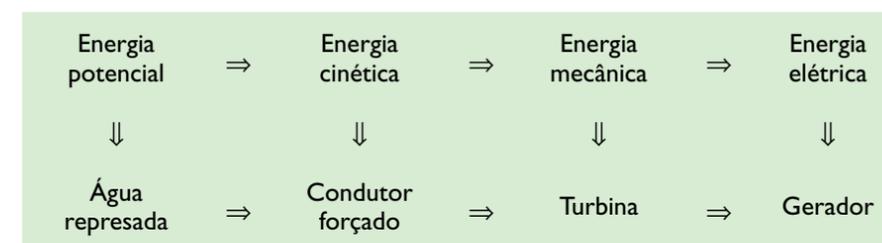
Esquema unifilar simplificado de um SEP.



### 2.1.1 Geração de energia elétrica

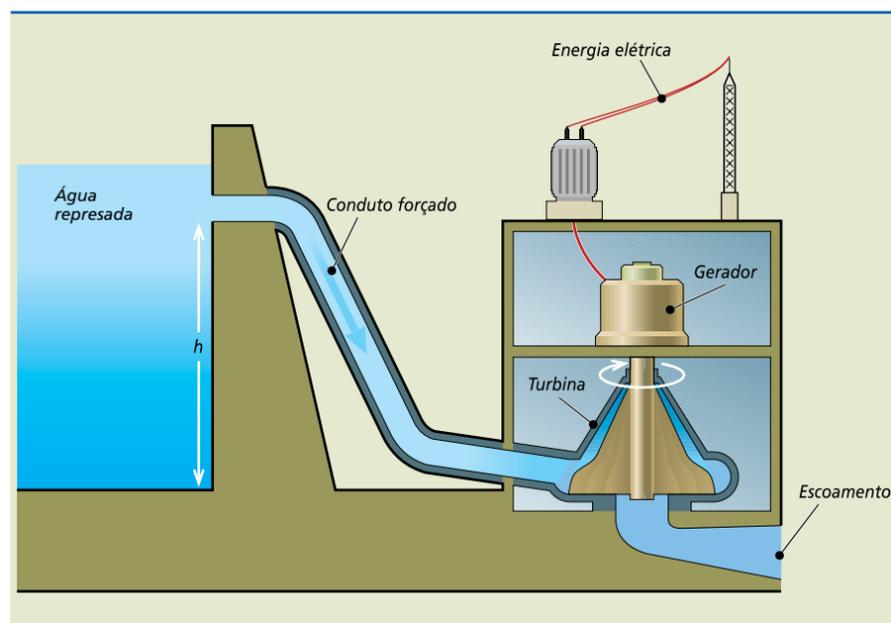
No Brasil, aproximadamente 92% da geração de energia elétrica é realizada por usinas hidroelétricas. O território brasileiro tem a maior bacia hidrográfica do mundo, rios com enormes volumes de água e inúmeras quedas-d'água, que podem ser aproveitadas para a construção dessas usinas. Um exemplo de usina hidroelétrica de grande porte é a de Itaipu, situada na divisa do Paraná com o Paraguai.

Na usina hidroelétrica, a água fica armazenada em reservatório, lago ou represa, formados por paredes espessas chamadas barragens. A água armazenada segue por condutos forçados que desembocam nas hélices das turbinas. O diâmetro e o comprimento do conduto forçado variam de acordo com a potência da turbina que está acoplada ao gerador (figura 2.13). Por causa do desnível entre a barragem e as hélices dos geradores, a água deslocada através do conduto forçado adquire energia cinética suficiente para girar as hélices do gerador, que a converte em energia elétrica pelo princípio da indução eletromagnética.



**Figura 2.13**

Conversão hidroelétrica.



### 2.1.2 Subestações

As subestações são um conjunto de equipamentos formados por transformadores, reatores, bancos capacitores, disjuntores, chaves seccionadoras, para-raios e os transformadores de potencial e de corrente além das estruturas e dos barramentos utilizados, destinado a transformar a energia a ser transmitida.

No Brasil, utilizam-se dois tipos de subestação:

- **Subestação elevadora** – Geralmente está localizada perto das unidades geradoras de eletricidade e tem como objetivo elevar o nível da tensão e diminuir a intensidade da corrente. Por exemplo, em uma usina, a tensão é 18 kV, valor que, antes de seguir para a linha de transmissão, é elevado na subestação para 750 kV.
- **Subestação abaixadora** – É responsável por reduzir o nível da tensão e aumentar a intensidade da corrente elétrica. As subestações abaixadoras estão situadas em diferentes pontos estratégicos durante a transmissão da usina até o consumidor final. É nesse tipo de subestação que, por exemplo, a tensão de 750 kV diminui a níveis em torno de 13,8 kV.

Na saída dos geradores trifásicos de corrente alternada das usinas, a tensão é de aproximadamente 18 kV, com valores elevados de corrente (em quiloampere – kA) e potência (em megawatt – MW). No entanto, antes da transmissão, por questões econômicas, o valor da tensão é elevado e, conseqüentemente, a intensidade da corrente diminui. Com essa variação de tensão e corrente, os cabos utilizados na transmissão podem ter seu diâmetro reduzido. Essa transmissão exige o emprego de subestações que elevem a tensão e subestações que a abaixem até que possa ser novamente reduzida por transformadores de ruas para valores utilizados em cada um dos setores da sociedade. Nas subestações há mais de um transformador, além de outros equipamentos de controle, proteção e regulação.

No caso das subestações abaixadoras, a energia elétrica proveniente da ligação em estrela do transformador, denominado sistema trifásico, apresenta tensão nominal de 13,8 kV.

### 2.1.3 Rede de transmissão de energia elétrica

A transmissão de energia elétrica é feita por condutores (cabos) elétricos. Os condutores possuem diferentes diâmetros e, quanto maior a área de sua seção transversal (bitola), menor é a resistência à passagem da corrente elétrica. Para escolher o diâmetro dos condutores, é preciso conhecer a intensidade da corrente à qual ele será submetido. Uma das maneiras de calcular a corrente elétrica em um condutor é utilizando a relação direta  $P = V \cdot I$ . Nessa relação, para determinado valor de potência, quanto maior a tensão, menor a corrente elétrica, o que permite utilizar condutores de menor diâmetro e, conseqüentemente, de menor peso. Em tais condições, as torres de transmissão (figura 2.14) podem ser fabricadas com menor investimento financeiro. Além disso, para que o sistema de transmissão seja economicamente viável, a subestação elevadora deve ser construída o mais próximo possível da unidade geradora.

**Figura 2.14**

Modelo da estrutura da linha de transmissão. A linha de transmissão é composta de torres de transmissão e cabos elétricos.

Apenas como curiosidade, entre as torres de transmissão existem esferas alaranjadas penduradas nos cabos. Essas esferas são sinalizadores diurnos para orientar aviões e helicópteros da existência de linhas de alta tensão (figura 2.15).

**Figura 2.15**

Sinalizador de linha de transmissão.

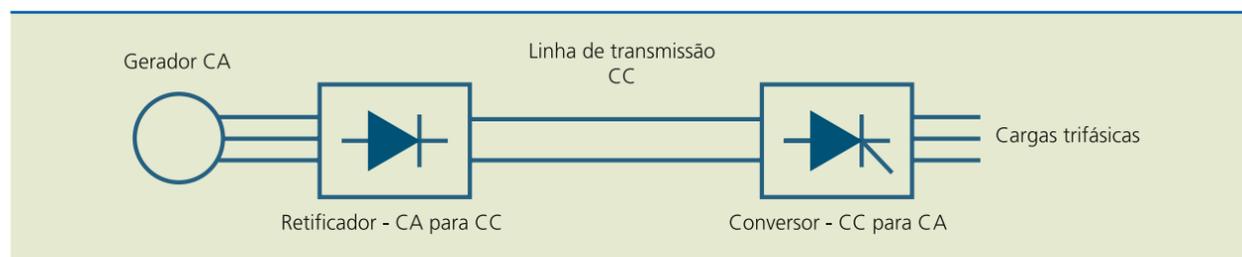


As tensões típicas em corrente alternada, nas linhas de transmissão, são de 69 kV a 750 kV. As tensões de 69 kV a 500 kV são normalmente transmitidas em corrente alternada. Para valores superiores a 500 kV, é preciso realizar um estudo para saber se é economicamente viável transmitir em tensão alternada ou contínua. Por exemplo, na hidroelétrica de Itaipu, a linha de 750 kV é em tensão alternada e a de 600 kV, contínua.

Quando a transmissão é feita em corrente contínua, uma subestação retificadora transforma a tensão alternada em contínua. Essa tensão se estabelece em todos os pontos da linha de transmissão até chegar aos centros de consumo, onde uma estação inversora a converte em tensão alternada, antes de distribuir aos consumidores (figura 2.16). Um importante aspecto da transmissão em tensão contínua é a diminuição das perdas na linha de transmissão.

**Figura 2.16**

Conversão de CC para CA.

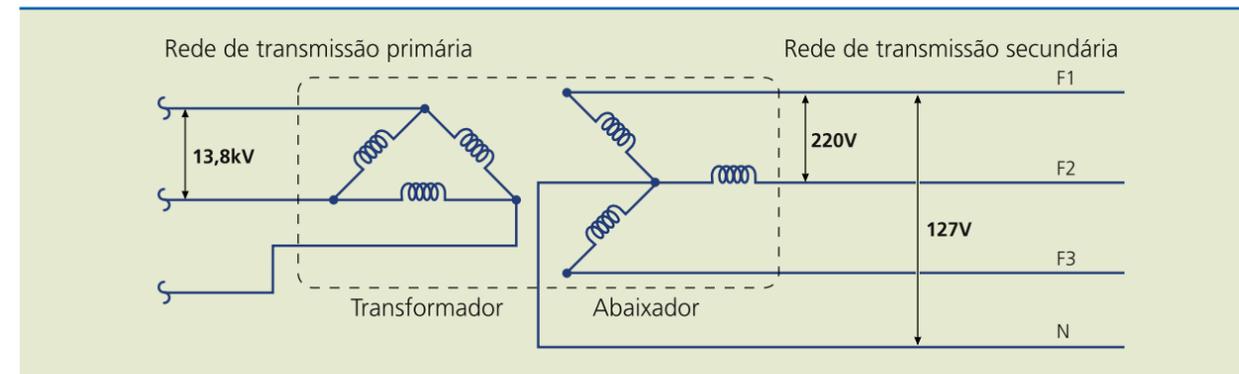
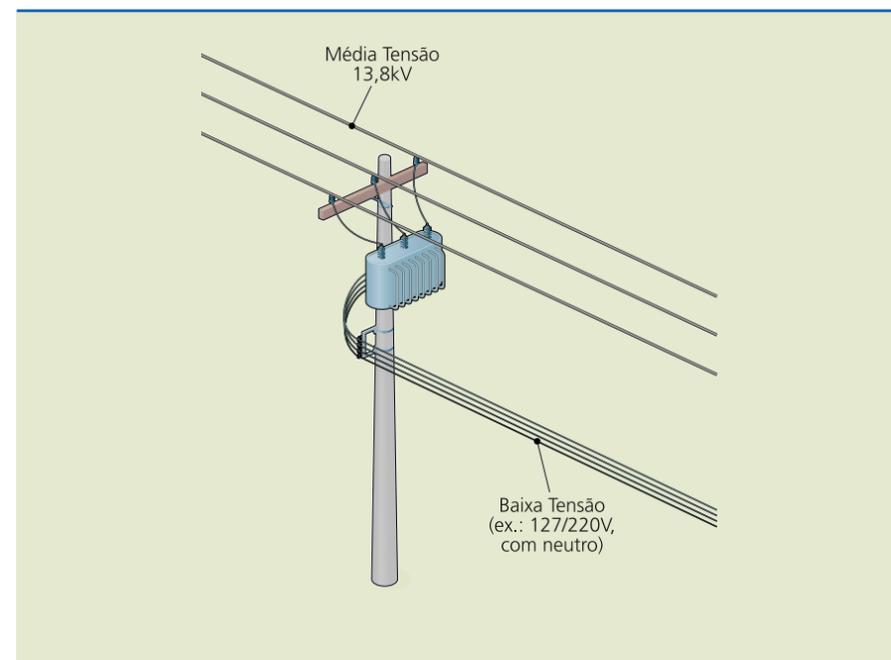


### 2.1.4 Rede de distribuição de energia elétrica

A etapa de distribuição de energia elétrica inicia-se na subestação de rebaixamento de tensão. Primeiro, a tensão da linha de transmissão é reduzida a valores-padrão das redes de distribuição primária. A seguir, as tensões são distribuídas aos transformadores trifásicos, que podem atender consumidores monofásicos, bifásicos ou trifásicos (figura 2.17).

**Figura 2.17**

Detalhe da distribuição elétrica. A tensão na rede de distribuição primária é 13,8 kV e, ao passar pelo transformador, reduz para 127 V e 220 V.



**Figura 2.18**

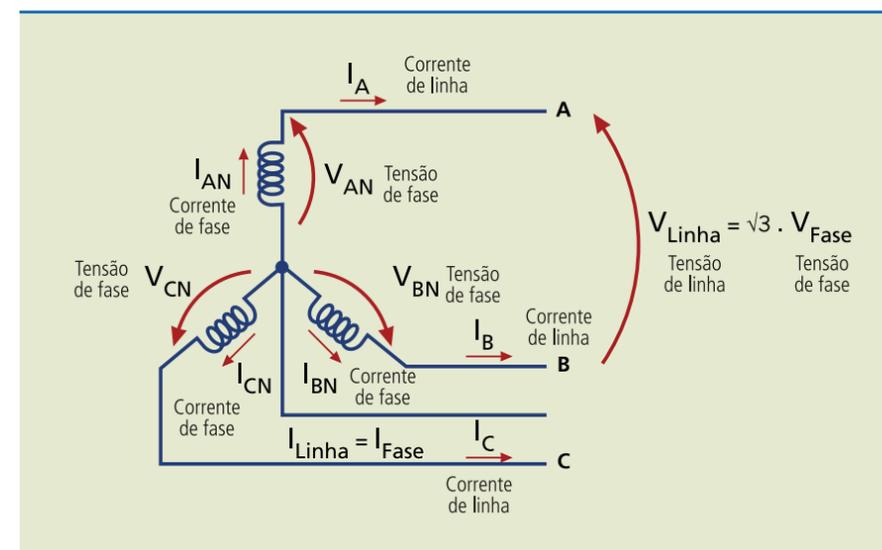
Exemplo de processo de redução de tensão no sistema elétrico utilizando transformador abaixador trifásico.

Todo o processo de elevação ou redução de tensão no sistema elétrico é feito por transformadores trifásicos, cujo exemplo de configuração de primário e secundário é apresentado na figura 2.18.

As figuras 2.19 e 2.20 apresentam as configurações dos enrolamentos do secundário dos transformadores de distribuição com suas respectivas relações de tensão e corrente.

**Figura 2.19**

Relações de tensão e corrente: (a) configuração em estrela (y) com neutro no secundário do transformador e (b) tabela de valores de tensão de fase e tensão de linha no fornecimento de energia elétrica.



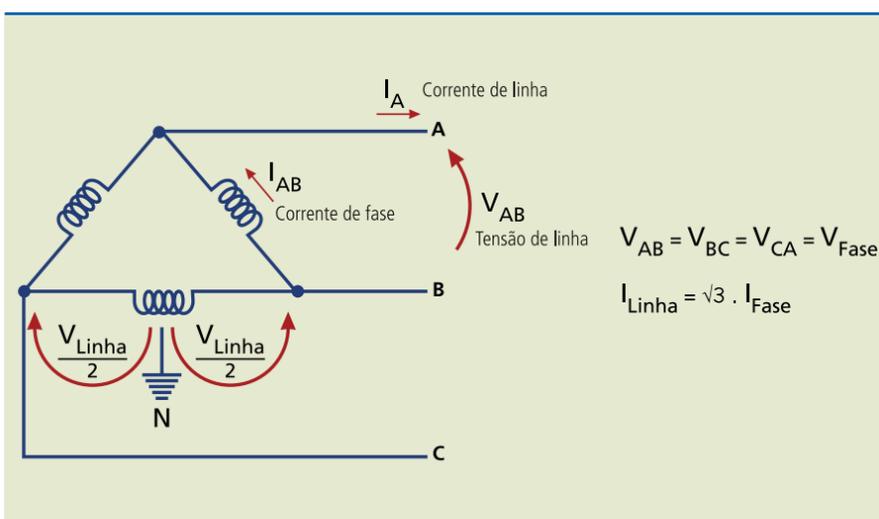
Tensão de fase (V)	Tensão de linha (V)
120	208
127	220
220	380
2 200	3 800
3 800	6 600
7 970	13 200



Tensão de fase (V)	Tensão de linha (V)
13 200	23 000
19 900	34 500
50 800	88 000
79 600	138 000

**Figura 2.20**

Relações de tensão e corrente: (a) configuração em triângulo ( $\Delta$ ) com neutro no secundário do transformador e (b) tabela de valores de tensão de fase de linha no fornecimento de energia elétrica.



Tensão $V_{Linha}$ neutro (V)	Tensão de linha (V)
110	220
115	230

### 2.1.5 Classificação das tensões elétricas

De acordo com as normas técnicas definidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as tensões elétricas em corrente alternada são assim classificadas:

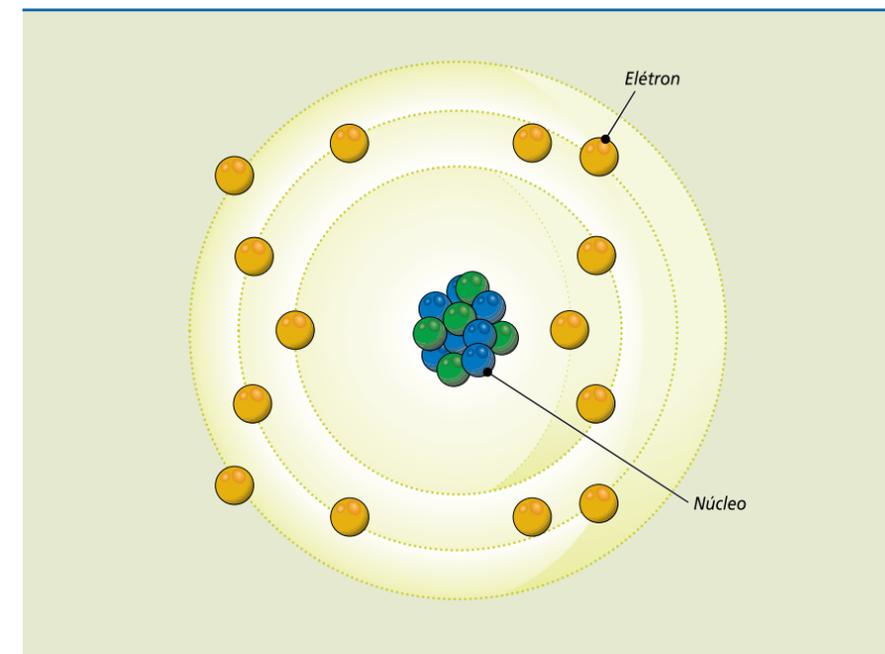
- Baixa tensão: até 1 000 V em corrente alternada e frequência máxima de 400 Hz e até 1 500 V em corrente contínua (norma NBR 5410:2004).
- Média tensão: acima de 1 000 V a 36 200 V (norma NBR 14039:2005).
- Alta tensão: acima de 36 200 V até 242 000 V.
- Extra-alta tensão: acima de 242 000 V.

### 2.1.6 Distribuição de energia elétrica em baixa tensão

A norma NBR- 5410/2004, da ABNT, considera que as instalações elétricas de baixa tensão devem estar sob tensão nominal igual ou inferior a 1 000 V (corrente alternada / frequência máxima: 400 Hz) ou a 1 500 V (corrente contínua).

## 2.2 Eletricidade

Para entender como se estabelece a corrente elétrica em um circuito e outros fenômenos elétricos, é preciso saber conceitos básicos da estrutura da matéria. Toda matéria é formada por moléculas, que, por sua vez, são constituídas por átomos. O átomo apresenta uma região central, o núcleo atômico, composto por dois tipos de partículas: os prótons, partículas carregadas positivamente, e os nêutrons, que têm a mesma massa dos prótons, porém são eletricamente neutros. Ao redor do núcleo estão os elétrons, partículas que apresentam carga de mesmo valor que a dos prótons, mas negativo. A figura 2.11 ilustra esse modelo atômico.



**Figura 2.21**  
Átomo.

### 2.2.1 Carga elétrica

O átomo é um sistema eletricamente neutro, porque o número de prótons é igual ao de elétrons. No entanto, ele passa a ficar eletrizado quando perde ou ganha elétrons. Os prótons e os elétrons apresentam uma importante propriedade física, denominada carga elétrica, que determina algumas das interações eletromagnéticas. A energia elétrica está diretamente relacionada com a carga elétrica e na maioria das vezes as partículas móveis portadoras de carga elétrica são os elétrons livres, presentes nos metais.

A quantidade de carga do elétron, que em valor absoluto é igual à do próton, é chamada carga elementar ( $e$ ), por ser a menor quantidade de carga encontrada na natureza. Seu valor é:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad (2.1)$$

A unidade de medida utilizada para carga elétrica no SI (Sistema Internacional) é o coulomb (C), em homenagem ao físico francês Charles Augustin de Coulomb.



Os corpos podem se eletrizar por diferentes processos e, assim, ficar com excesso ou falta de elétrons. Para determinar a quantidade de carga elétrica de um corpo, pode-se utilizar a expressão:

$$Q = n \cdot e \quad (2.2)$$

em que:

- $Q$  é a quantidade de carga elétrica do corpo;
- $n$ , o número de elétrons em falta ou em excesso;
- $e$ , a carga elementar ( $1,6 \cdot 10^{-19}$  C).

## 2.2.2 Grandezas elétricas fundamentais

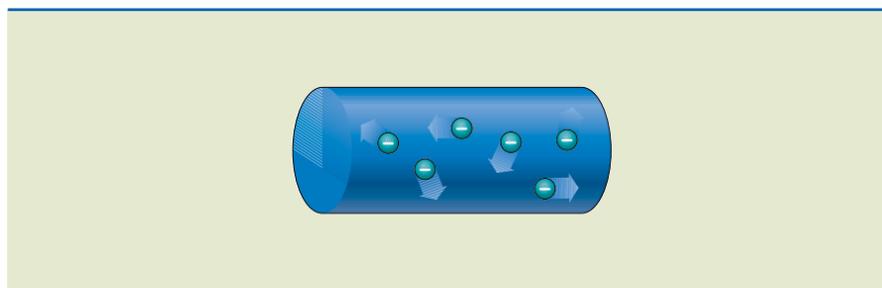
### Corrente elétrica

Uma das grandezas elétricas fundamentais é a corrente elétrica. Para que ela se estabeleça, é necessário que os elétrons livres se movimentem de maneira ordenada em um condutor metálico.

Em alguns materiais, não é possível observar o estabelecimento de corrente elétrica, pois não apresentam elétrons livres em sua rede cristalina; esses materiais são conhecidos como isolantes. Já os metais possuem uma rede cristalina que permite que seus elétrons fiquem livres, por isso são chamados de condutores (figura 2.22).

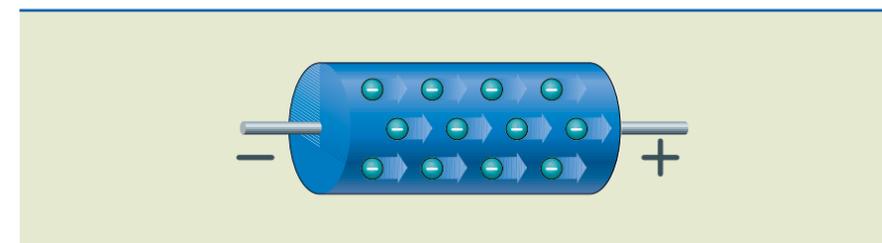
**Figura 2.22**

Movimento desordenado de elétrons dentro de um condutor:



Não basta, porém, o movimento dos elétrons livres; isso pode ocorrer com o aumento da temperatura. Para que haja corrente elétrica, os elétrons devem movimentar-se em ordem, todos no mesmo sentido, e isso só acontece se eles estiverem sob a ação de um campo elétrico.

A fonte de energia elétrica (força eletromotriz) é a responsável por criar o campo elétrico que exerce em cada elétron livre uma força capaz de orientá-lo no sentido ordenado. Por exemplo, quando um condutor é conectado entre os polos (negativo e positivo) da fonte, os elétrons presentes no polo negativo movem-se para completar a falta de elétrons no polo positivo. Dessa maneira, corrente elétrica é o movimento ordenado de portadores de carga elétrica quando se aplica uma diferença de potencial nas extremidades de um material condutor (figura 2.23). A unidade de medida da corrente elétrica é o ampere (A).

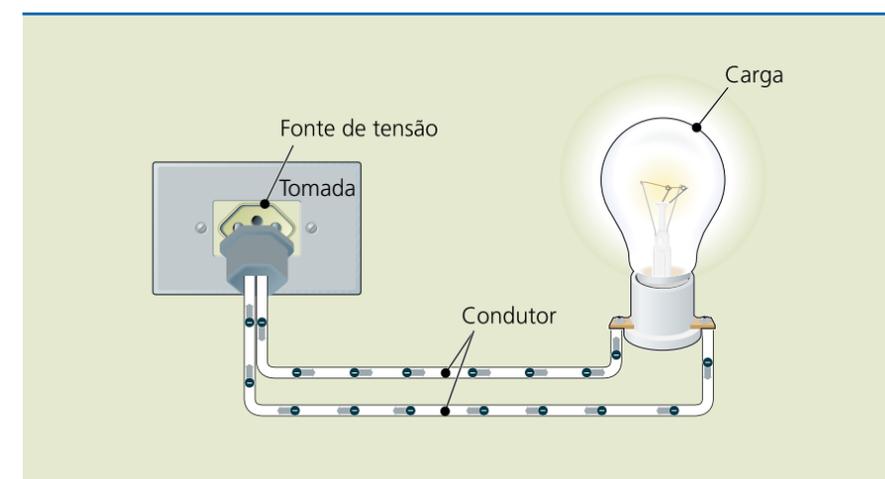


**Figura 2.23**

Movimento ordenado de elétrons dentro do condutor, quando o condutor está sob a influência de uma fonte de energia elétrica.

### Tensão elétrica

Para que os elétrons livres existentes no interior do condutor elétrico movimentem-se de maneira ordenada, é preciso aplicar uma diferença de potencial elétrico em seus terminais, que recebe o nome de tensão elétrica (figura 2.24), cuja unidade de medida é o volt (V).



**Figura 2.24**

Circuito fechado ou percurso fechado. Nesse caso, a fonte de tensão é a tomada.

### Resistência elétrica

Entende-se por resistência elétrica a oposição oferecida pelo material à circulação dos elétrons. Sua unidade de medida é o ohm ( $\Omega$ ).

### Potência elétrica

Define-se potência elétrica como o resultado do produto da ação da tensão elétrica aplicada ao circuito pela intensidade da corrente elétrica que por ele circula. A potência é um parâmetro que determina a rapidez com que a energia é consumida.

O que acontece com a potência elétrica quando o circuito é submetido ao fornecimento de tensão em regime de corrente contínua? E no caso de corrente alternada?

Convém fazermos antes uma análise. Vamos examinar a lei básica da eletricidade para então explicar os dois regimes de fornecimento de tensão no circuito, regime CC e AC.



### 2.2.3 Lei básica da eletricidade. Lei de Ohm

A lei de Ohm estabelece uma relação entre as grandezas elétricas, que pode ser determinada por:

$$V = R \cdot I \quad (2.3)$$

em que:

- $V$  é a tensão, em volt (V);
- $R$ , a resistência, em ohm ( $\Omega$ );
- $I$ , a corrente elétrica, em ampere (A).

O valor da resistência  $R$  não depende da tensão elétrica aplicada nem da corrente que circula no resistor, e sim:

- do material com que o resistor foi fabricado, pois a resistência específica (resistividade elétrica –  $\rho$ ) varia de material para material; a unidade de medida pelo SI é o  $\Omega \cdot m$  ou

$$\frac{\Omega \cdot mm^2}{m};$$

- da área  $A$  da seção transversal do condutor: quanto maior a área, menor a resistência oferecida; a unidade de medida é o milímetro quadrado ( $mm^2$ );
- do comprimento  $L$ : quanto maior, maior a resistência. A unidade de medida é o metro (m).
- A resistência elétrica também depende da temperatura.

Com base nesses parâmetros, é possível calcular o valor da resistência pela equação:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad (2.4)$$

#### Variação da resistência com a influência da temperatura

Um material condutor a determinada temperatura apresenta certo valor de resistência elétrica. Com a variação da temperatura, esse valor sofre alteração, fato que é parametrizado pelo coeficiente de temperatura  $\alpha$  do material. Para determinar o valor da resistência elétrica a determinada temperatura, utiliza-se a equação:

$$R_T = R_0 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (2.5)$$

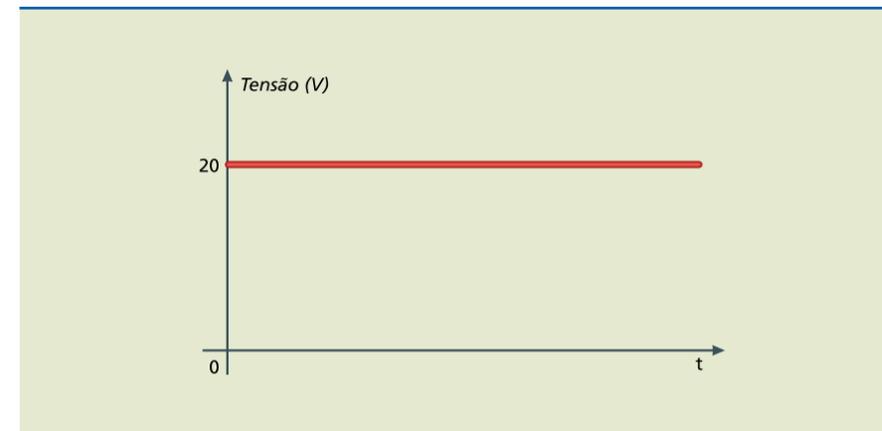
em que:

- $R_T$  é a resistência final à temperatura final  $t_2$  ( $\Omega$ );
- $R_0$ , a resistência inicial à temperatura inicial  $t_1$  ( $\Omega$ );
- $\alpha$  é o coeficiente de temperatura do material ( $^{\circ}C^{-1}$ );
- $t_2$  e  $t_1$  são, respectivamente, as temperaturas final e inicial ( $^{\circ}C$ ).

### 2.2.4 Regimes de fornecimento de tensão

#### Regime DC ou CC

No regime DC ou CC (*direct current* ou corrente contínua), o valor da tensão fornecida pela fonte não varia ao longo do tempo (figura 2.25).



**Figura 2.25**  
Gráfico da tensão em regime DC.

São exemplos de fontes geradoras de corrente contínua: pilhas, baterias e fontes de alimentação fabricadas com componentes eletroeletrônicos. Em um circuito submetido a um regime de fornecimento de tensão DC, a potência elétrica, medida em watt (W), é dada por:

$$P = V \cdot I \quad (2.6)$$

Pode-se também definir essa potência como potência útil. No regime DC, a corrente elétrica é orientada em um único sentido.

#### Regime AC ou CA

No regime AC ou CA (*alternating current* ou corrente alternada), a tensão altera a polaridade em períodos definidos, de modo que a corrente circule ora em um sentido, ora em outro, de acordo com a polaridade da tensão fornecida pela fonte. Geralmente, a tensão alternada é de natureza senoidal, cujo gráfico é exibido na figura 2.26. Essa tensão obedece à função matemática:

$$v(t) = V_{m\acute{a}x} \cdot \text{sen}\omega t$$

ou

$$v(t) = V_{m\acute{a}x} \cdot \text{sen}(2\pi ft) \quad (2.7)$$

em que:

- $v(t)$  é a tensão instantânea;
- $\omega$ , a velocidade angular, medida em radiano/segundo.
- $f$ , a frequência da rede elétrica em hertz (Hz).
- $t$ , o tempo



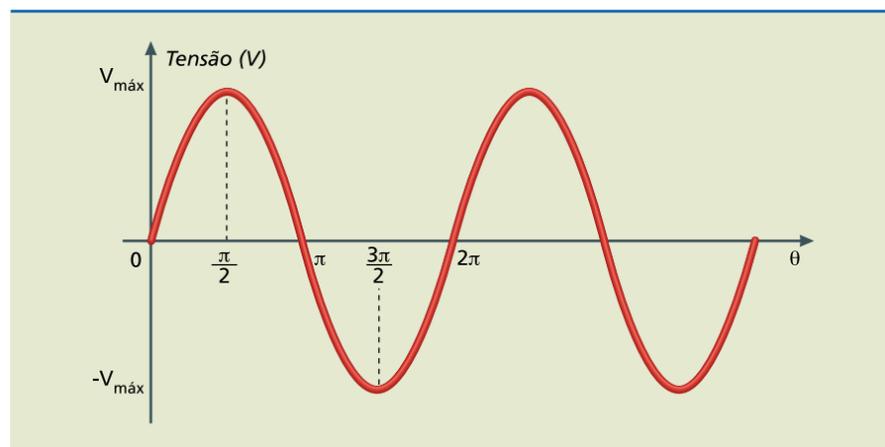
Para determinar a velocidade angular, é necessário, portanto, conhecer o produto  $2\pi f$ . Como na rede elétrica brasileira a frequência é 60 Hz, pode-se determinar a tensão elétrica por:

$$v(t) = V_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(2 \cdot \pi \cdot 60) \cdot t$$

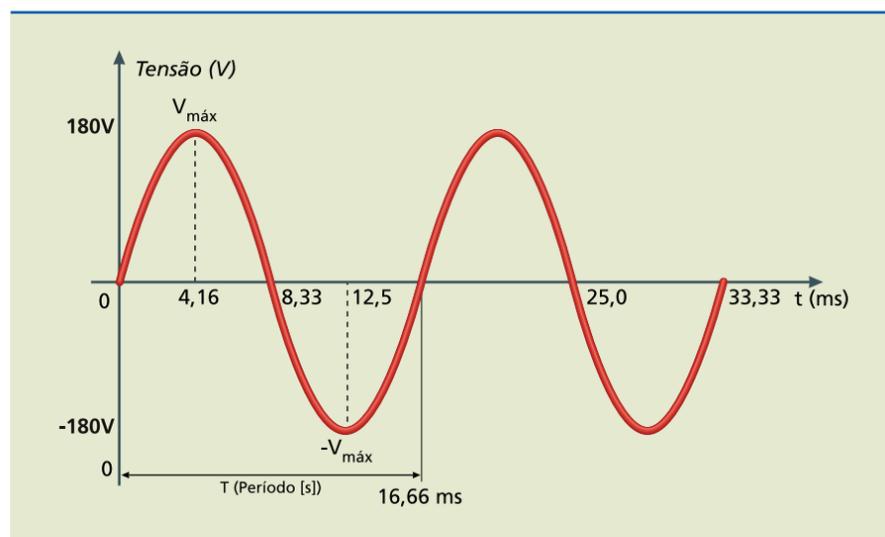
Logo:

$$v(t) = V_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(377) \cdot t$$

**Figura 2.26**  
Gráfico da tensão em regime AC no domínio angular. Um ciclo angular tem  $2\pi$  rad (ou  $360^\circ$ ), com valores máximos e mínimos a cada  $\theta = (2n+1) \pi/2$  (ou seja, a cada múltiplo ímpar  $\pi/2$ ).



**Figura 2.27**  
Gráfico da tensão em regime AC no domínio do tempo, representando uma forma de onda senoidal de uma rede elétrica.



Na figura 2.27, a tensão elétrica apresenta um ciclo que se inicia no zero, atinge o máximo valor de amplitude em 180 V, volta a decrescer, passa pelo zero e continua decrescendo até atingir o máximo valor negativo, invertendo novamente, ou seja, retornando ao sentido ascendente, passando outra vez pelo zero e finalizando o ciclo. Observe que o ciclo é composto por dois semiciclos, o positivo e o negativo. A partir desse ponto, dá-se início a um novo ciclo, repetindo a mesma sucessão indefinidamente.

Como a corrente elétrica no regime AC muda de sentido a cada semiciclo, conclui-se que seu sentido muda 120 vezes em um segundo.

Observe que na figura 2.27 podemos também tirar algumas características elétricas da forma de onda senoidal, que mostraremos no tópico seguinte.

## 2.2.5 Características da tensão AC

### Período

Consiste no tempo necessário para a realização de um ciclo completo. É representado pelo símbolo  $T$  e sua unidade de medida é o segundo (S).

### Frequência

É o número de ciclos que ocorre dentro do período. A relação entre o período e a frequência é dada pela equação:

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.9)$$

Note que a relação entre frequência e período é inversamente proporcional: quanto maior o período, menor a frequência, e vice-versa.

### Valor máximo ou valor de pico

Equivale à máxima amplitude da senoide que representa a tensão. Retomando o gráfico da figura 2.27, observa-se o valor máximo ( $V_{\text{máx}}$ ) ou valor de pico ( $V_p$ ) quando o sinal senoidal atinge 180 V tanto no semiciclos positivo como no semiciclos negativo.

### Valor de pico a pico

Equivale a duas vezes a máxima amplitude da função senoidal que representa a tensão. No exemplo da figura 2.27, esse valor é 360 V.

$$V_{pp} = 2 \cdot V_{\text{máx}} \quad \text{ou} \quad V_{pp} = 2 \cdot V_p \Rightarrow V_{pp} = 2 \cdot 180 = 360 \text{ V}$$

Cabe observar que, nos circuitos de corrente alternada, a responsável pela dissipação da potência elétrica não é a tensão máxima, e sim a tensão eficaz, também conhecida, no caso da forma de onda senoidal, como tensão RMS (*root mean square* – valor médio quadrático), explicada a seguir.

### Valor eficaz

Vamos considerar que se aplica em um resistor uma tensão alternada senoidal no valor de  $1/\sqrt{2}$  ou 70,71% da amplitude máxima ( $V_{\text{máx}}$ ). Esse valor produzirá no resistor uma dissipação de potência equivalente a um valor de tensão contínua.



Assim, se não houvesse fornecimento de energia elétrica em tensão alternada senoidal, seria possível obter a mesma tensão usando uma fonte de alimentação DC que tivesse na saída uma tensão de  $\cong 127$  V. Esse valor pode ser determinado por:

$$V_{\text{RMS}} = \frac{V_{\text{MAX}}}{\sqrt{2}}$$

A expressão é válida apenas para a forma de onda senoidal.

Na forma de onda da figura 2.17, o valor da tensão eficaz será:

$$V_{\text{RMS}} = \frac{180}{\sqrt{2}} \cong 127 \text{ V}$$

Essa é a tensão de nossa rede elétrica.

### 2.2.6 Potências elétricas no regime AC monofásico

O sistema AC monofásico é um tipo de sistema de fornecimento de energia elétrica composto de uma fase, que é o fio energizado, e um fio de referência, chamado de neutro.

#### Potências elétricas

##### Potência aparente (S)

É a potência total fornecida por um gerador. Ela corresponde à soma vetorial da potência ativa (P) com a potência reativa (Q), ou, matematicamente,  $S^2 = P^2 + Q^2$ . Para determinar o valor da potência, cuja unidade é o volt-ampere (VA), utiliza-se a expressão:

$$S = V \cdot I$$

##### Potência ativa (P)

É a parte da potência aparente que realiza trabalho, ou seja, a parcela que é transformada em alguma forma de energia útil. Determina-se o valor da potência ativa, cuja unidade é o watt (W), por:

$$P = V \cdot I \cdot \cos\varphi \text{ ou } P = S \cdot \cos\varphi$$

O fator de potência ( $\cos\varphi$ ) é um parâmetro que sinaliza como está o aproveitamento da energia elétrica pelo consumidor. Seu valor pode variar de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, melhor está o aproveitamento. Esse parâmetro depende do tipo de carga que predomina na rede: resistiva ou indutiva. Para carga resistiva, o ângulo  $\varphi$  é igual a  $0^\circ$ ; como  $\cos 0^\circ = 1$ , a equação da potência ativa passa a ser  $P = V \cdot I$ .

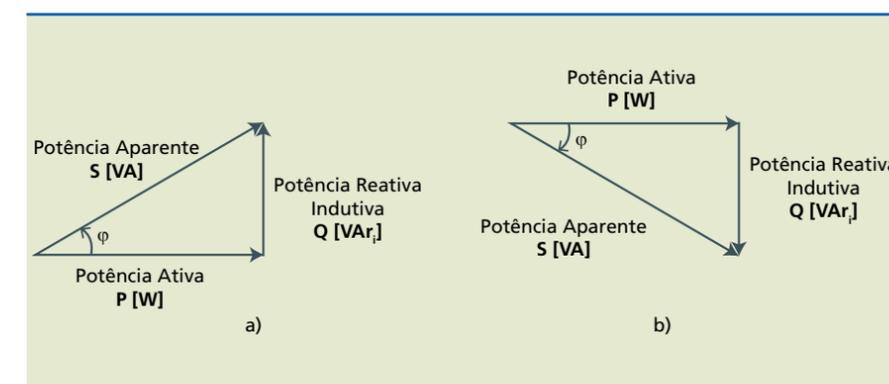
O significado do ângulo  $\varphi$  é apresentado na análise dos triângulos de potências, feita a seguir.

##### Potência reativa (Q)

Trata-se da parcela da potência aparente que “não” realiza trabalho. É a responsável por gerar e manter os efeitos do campo eletromagnético (indução) necessários para o funcionamento de reatores, motores elétricos e transformadores, possibilitando o uso da energia que efetivamente realiza trabalho. A potência reativa, cuja unidade é o volt-ampere reativo (VAR), é determinada por:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin\varphi \text{ ou } Q = S \cdot \sin\varphi$$

As equações da potência ativa e da potência reativa foram deduzidas com base na análise trigonométrica dos triângulos de potências, ilustrados na figura 2.28.



**Figura 2.28**

Triângulos de potências:  
(a) fornecedor de energia reativa e  
(b) receptor de energia reativa.

O ângulo  $\varphi$  representa a defasagem entre os valores das potências ativa (que produz trabalho útil) e aparente (total).

Analisando o triângulo de potências da figura 2.18a, pode-se inferir que, se o ângulo  $\varphi$  for igual a  $0^\circ$ , o valor da potência ativa será igual ao da potência aparente, ou seja, toda a energia fornecida (S) será igual à consumida (P), não havendo perdas, o que ocorre normalmente em circuitos elétricos com carga puramente resistiva. Em um circuito elétrico com carga reativa, como um liquidificador cujo motor utiliza enrolamento, será produzida potência reativa, isto é, parte da potência total (corrente elétrica) será consumida na geração e manutenção do campo eletromagnético.

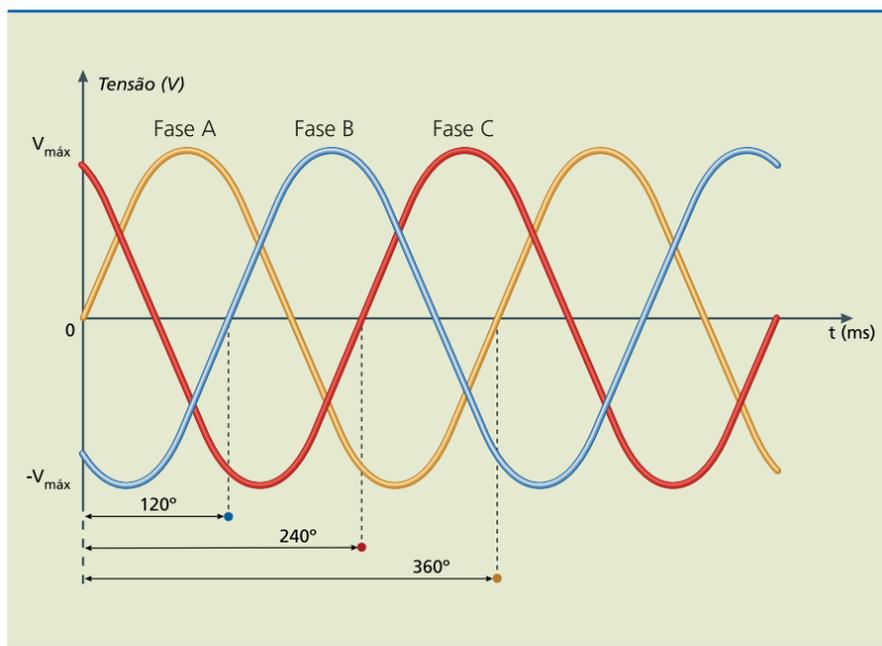
### 2.2.7 Sistema AC trifásico

O sistema AC trifásico é um sistema de fornecimento de energia elétrica composto de três fases, podendo conter um fio de referência (neutro).

As formas de onda das tensões de um sistema desse tipo são apresentadas na figura 2.29. Note a defasagem de  $120^\circ$  entre o início das formas de onda nas fases A, B e C.

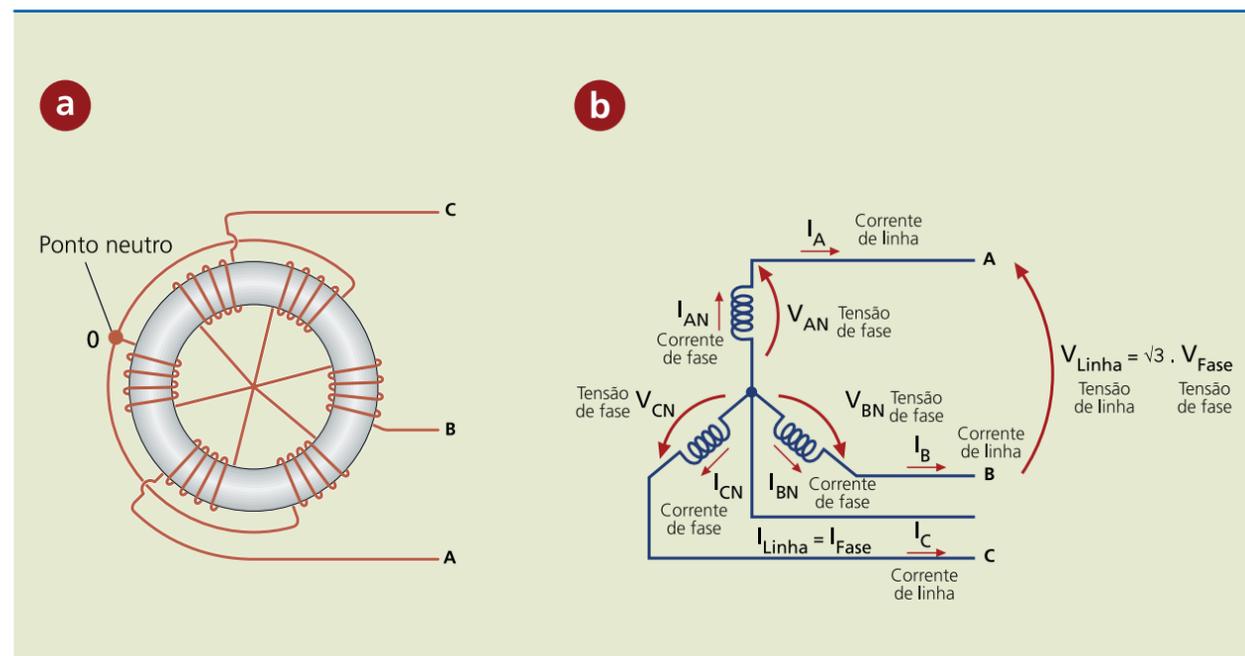


**Figura 2.29**  
Fornecimento de tensão AC trifásico.



**Figura 2.30**  
Gerador trifásico na configuração estrela:  
(a) disposição física das bobinas e  
(b) esquema elétrico, com indicação das tensões e correntes de linha e de fase.

A figura 2.30 mostra exemplo de configuração do gerador que fornece tensão alternada trifásica.



**Potências elétricas**

As definições de potências apresentadas no sistema monofásico são válidas para as potências no sistema trifásico.

**Potência aparente (S)**

A potência aparente ou potência total, cuja unidade é o volt-ampere (VA), pode ser determinada pela expressão:

$$S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \quad (2.10)$$

em que:

- $V_L$  é a tensão de linha;
- $I_L$  a corrente de linha

**Potência ativa (P)**

A potência ativa ou potência útil, cuja unidade é o watt (W), pode ser determinada pela expressão:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi$$

**Potência reativa(Q)**

A potência reativa, cuja unidade é o volt-ampere reativo (VAR), pode ser determinada pela expressão:

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin\phi$$

**2.3 Introdução ao projeto de instalação elétrica**

Um projeto de instalação elétrica é composto por três importantes etapas: planejamento, elaboração e execução. É fundamental que em todas elas o profissional tenha capacidade de criar, elaborar soluções e manter o discernimento e a ética profissional.

**2.3.1 Ética profissional**

Independentemente da carreira que você vai seguir, é imprescindível que cultive uma atitude ética. No caso do profissional especializado em instalações elétricas, ele deve ter em mente que, em razão de suas atribuições no trabalho a ser realizado, é preciso seguir um conjunto de deveres profissionais relacionados à área de projetos, dentre os quais destacam-se:

- Apresentar sempre a melhor alternativa de solução.
- Propor inovações e apresentar tecnologias modernas.
- Acompanhar e verificar a funcionalidade das soluções.
- Manter sigilo quando necessário.
- Contribuir para o bem-estar ou melhoria da vida humana.
- Alertar sobre os riscos e responsabilidades relativos às prescrições técnicas e às consequências presumíveis de sua inobservância.



### 2.3.2 Responsabilidade técnica profissional

Para o desempenho profissional de suas atividades, o projetista deve obter qualificação específica por meio de formação em sistemas oficiais de ensino (escolas técnicas com registro no MEC) e registro no respectivo conselho profissional. No caso de cursos técnicos dessa especialidade, o registro é feito no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA), que confere ao profissional a habilitação necessária, especificando as áreas e os limites de suas atribuições.

Cada projeto deve ter seu registro no CREA, por meio de documento próprio intitulado Anotação de Responsabilidade Técnica (ART). Nessa ocasião, o conselho verificará se o profissional está habilitado para aquela especialidade, fazendo a respectiva anotação, que passará a constar do acervo técnico do profissional. A ART descreve o objeto do projeto que, na forma da legislação em vigor, estará sob a responsabilidade do técnico.

### 2.3.3 Competência profissional

Os profissionais habilitados para exercer atividades de elaboração e execução de projetos de instalação de energia elétrica são os engenheiros eletricitas e os técnicos industriais de nível médio, conforme atribuições específicas definidas para cada categoria profissional.

### 2.3.4 Partes componentes de um projeto

O projeto consiste basicamente em desenhos e documentos. De maneira geral, para instalações de edifícios de uso coletivo, é dividido em projeto elétrico e projeto telefônico.

#### Etapas básicas do projeto elétrico

- ART
- Carta de solicitação de aprovação à concessionária
- Memorial descritivo
- Memorial de cálculo:
  - Cálculos das previsões de cargas
  - Determinação da provável demanda
  - Dimensionamento dos condutores
  - Dimensionamento dos eletrodutos
  - Dimensionamento das proteções
- Plantas:
  - Planta de situação
  - Planta dos pavimentos
- Esquemas verticais (prumadas):
  - Elétrica
  - Antena coletiva

- Porteiro eletrônico
- Instalações complementares (alarme, segurança, iluminação de emergência etc.)
- Quadros
- Quadros de distribuição de cargas
- Diagramas multifilares e/ou unifilares da instalação
- Detalhes:
  - Entrada de serviço
  - Caixa seccionadora
  - Centros de medição
  - Para-raios
  - Caixas de passagem
  - Aterramentos
  - Outros (conforme a necessidade)
- Convenções
  - Especificações
  - Lista de materiais

#### Etapas básicas do projeto telefônico

- ART
- Carta de solicitação de aprovação à concessionária
- Memorial descritivo
- Plantas:
  - Planta de situação
  - Plantas dos pavimentos
- Esquemas verticais (prumadas):
  - Tubulação
  - Redes internas
- Tabela de distribuição secundária
- Detalhes:
  - Caixa subterrânea de entrada
  - Distribuidor geral
  - Caixas de distribuição e aterramentos
  - Outros (conforme a necessidade)
- Convenções
  - Especificações
  - Lista de materiais



### 2.3.5 Recomendações e normas técnicas

Os símbolos gráficos utilizados nos projetos de instalação elétrica são padronizados pela ABNT por meio das normas listadas a seguir. A indicação XXXX após os dois-pontos refere-se ao ano de revisão da norma.

- NBR 5444:XXXX – Símbolos gráficos para instalações prediais.
- NBR 5446:XXXX – Símbolos gráficos de relacionamento usados na confecção de esquemas.
- NBR 5453:XXXX – Sinais e símbolos para eletricidade.

**Tabela 2.1**

Exemplos de normas utilizadas em instalações elétricas.

Um projeto de instalação elétrica deve observar as normas técnicas apresentadas na tabela 2.1.

Norma	Título	Última emissão
<b>NR 10</b>	Segurança em instalações e serviços em eletricidade	Dezembro de 2004
<b>NBR 5410</b>	Instalações elétricas de baixa tensão	2004
<b>NBR 14039</b>	Instalações elétricas de média tensão 1kV-36,2 kV	Mai de 2005
<b>NBR 5418</b>	Instalações elétricas em atmosferas explosivas	Março de 1995
<b>NBR 5419</b>	Proteção contra descargas elétricas atmosféricas	Julho de 2005
<b>NBR 8222</b>	Execução de sistemas de prevenção contra explosão e incêndio por evitar sobrepensões decorrentes de arcos elétricos internos em transformadores e reatores de potência	Julho de 2005
<b>NBR 8874</b>	Execução de sistemas fixos automáticos de proteção contra incêndio, com água nebulizada para transformadores e reatores de potência	Julho de 2005
<b>NBR 12232</b>	Execução de sistemas fixos automáticos de proteção contra incêndio com gás carbônico (CO <sub>2</sub> ) em transformadores de potência	Julho de 2005
<b>NBR 13231</b>	Proteção contra incêndio em subestações elétricas de geração, transmissão e distribuição	Julho de 2005
<b>IEC 61850</b>	Redes de comunicação e sistemas em subestações	Julho de 2005
<b>NBR 6979</b>	Conjunto de manobras e controle em invólucro metálico para tensões acima de 1 kV até 36,2 kV	1998
<b>NBR IEC 60439-1</b>	Conjunto de manobra e controle de baixa tensão – parte I: conjuntos com ensaio de tipo totalmente testado (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo (PTTA)	30 de junho de 2003
<b>NBR 5356</b>	Transformador de potência – especificação	Setembro de 2005
<b>NBR 5380</b>	Transformador de potência – testes	Setembro de 2005
<b>IEC 479-1 IEC 479-2</b>	Efeitos da corrente nos seres humanos e no gado	1994

### 2.3.6 Concessionária local

O projetista deve levar em conta, além das normas da ABNT gerais e específicas para seu projeto, as normas técnicas da concessionária de energia do local onde o projeto será executado.

Por exemplo: no Estado de São Paulo, no âmbito da Cesp, da CPFL e da AES, existe a NTU 01 (fornecimento de energia elétrica em tensão secundária a edificações individuais); no Paraná, no âmbito da Copel, as normas NTC 9-01100 (fornecimento em tensão secundária de distribuição) e NTC 9-01110 (atendimento a edifícios de uso coletivo); em Minas Gerais, no âmbito da Cemig, as normas ND 5.1 (fornecimento em tensão secundária) e ND 5.2 (fornecimento em tensão secundária a edificações coletivas).

Além das normas técnicas da ABNT e da concessionária, o projeto tem de obedecer às normas e regulamentações do corpo de bombeiros local relacionadas ao atendimento à segurança e combate a incêndios.

No caso de projetos telefônicos, devem ser seguidas as normas técnicas:

- Norma 224-315-01/02, da Telebrás: tubulações telefônicas em edifícios.
- Normas da concessionária local referentes a tubulações e rede telefônica interna de edifícios.

### 2.3.7 Critérios para a elaboração do projeto de instalação elétrica

Na elaboração de um projeto de instalações elétricas prediais, o projetista deve considerar detalhes técnicos como confiabilidade e acessibilidade à manutenção e apresentar reserva de carga.

## 2.4 Etapas da elaboração de um projeto de instalação elétrica

A seguir são apresentadas as etapas a serem seguidas para que a execução do projeto seja bem-sucedida.

### 2.4.1 Informações preliminares

Essa é uma das etapas de maior importância para o êxito do projeto. Nela, o projetista procurará obter de diversas fontes todas as informações necessárias para a formação da concepção geral do projeto a ser desenvolvido, por meio:

- da planta de situação;
- do projeto arquitetônico;
- dos projetos complementares;
- das informações obtidas com o proprietário, arquiteto ou responsável.



## 2.4.2 Quantificação do sistema

Obtidas as informações preliminares e de posse das normas técnicas aplicáveis, o projetista estará em condições de fazer um levantamento da previsão de cargas do projeto, em termos tanto da quantidade de pontos de utilização como de sua potência nominal, levando em conta:

- Previsão de iluminação
- Previsão de pontos de tomadas
- Previsão de cargas especiais: elevadores, bombas de recalque d'água, bombas de drenagem, bombas de combate a incêndio etc.

## 2.4.3 Determinação do padrão de atendimento

Nessa etapa, o projetista consultará as normas técnicas da concessionária local para determinar a demanda de cada consumidor do edifício e sua respectiva categoria de atendimento conforme os padrões da concessionária. Além disso, definirá a provável demanda do edifício e o padrão de sua entrada de serviço.

## 2.4.4 Desenho das plantas

Essa etapa compreende basicamente:

- Elaborar o desenho dos pontos de utilização.
- Identificar a localização dos quadros de distribuição de luz (QLs ou QDs) e quadros de força (QFs).
- Determinar a divisão das cargas em circuitos terminais.
- Elaborar o desenho dos eletrodutos dos circuitos terminais.
- Elaborar o traçado da fiação dos circuitos terminais.
- Identificar a localização das caixas de passagem dos pavimentos e da prumada.
- Identificar a localização do quadro geral de baixa tensão, dos centros de medidores, da caixa seccionadora, do ramal alimentador e do ponto de entrega.
- Elaborar o desenho dos eletrodutos dos circuitos alimentadores.
- Elaborar o desenho do esquema vertical (prumada).
- Elaborar o traçado da fiação dos circuitos alimentadores.

## 2.4.5 Dimensionamentos

Nessa etapa, o projetista dimensionará todos os componentes do projeto, tendo como base os cálculos realizados, as normas técnicas aplicáveis em cada caso e as tabelas de fabricantes. Assim, realizará:

- Dimensionamento dos condutores
- Dimensionamento dos eletrodutos
- Dimensionamento dos dispositivos de proteção
- Dimensionamento dos quadros elétricos

## 2.4.6 Quadro de previsão de cargas e diagramas

Para representar a distribuição e o dimensionamento dos circuitos, é necessário elaborar:

- Quadro de previsão de cargas
- Diagramas unifilares (ou multifilares) dos QLs
- Diagramas de força e comando dos motores (QFs)
- Diagrama unifilar geral

## 2.4.7 Elaboração dos detalhes construtivos

O objetivo da elaboração dos detalhes construtivos é facilitar a interpretação do projeto, permitindo que ele seja executado adequadamente. Desse modo, quanto mais detalhado um projeto, mais fácil será sua execução.

## 2.4.8 Memorial descritivo

Trata-se de uma descrição sucinta do projeto, justificando, quando necessário, as soluções adotadas. O memorial descritivo é composto basicamente dos seguintes itens:

- Dados básicos de identificação do projeto
- Dados quantitativos do projeto
- Descrição geral do projeto
- Documentação do projeto

## 2.4.9 Memorial de cálculo

Nesse documento, será apresentado o resumo dos principais cálculos e dimensionamentos:

- Cálculos das previsões de cargas
- Determinação da provável demanda
- Dimensionamento dos condutores
- Dimensionamento dos eletrodutos
- Dimensionamento dos dispositivos de proteção

## 2.4.10 Elaboração das especificações técnicas

As especificações técnicas detalham os tipos de materiais utilizados e respectivos fabricantes, prevendo um fornecedor similar com a mesma qualificação técnica, quando não for possível utilizar o material do fornecedor principal. É comum em alguns projetos incluir nesse documento a relação de serviços a executar, os procedimentos de sua execução e as normas técnicas a serem seguidas.

## 2.4.11 Elaboração da lista de material

Listagem de todos os materiais que serão empregados na execução do projeto, com suas respectivas especificações e quantidades.



### 2.4.12 ART

Anotação de Responsabilidade Técnica do responsável técnico pelo projeto junto à jurisdição do CREA local.

### 2.4.13 Análise da concessionária

Documento que comprova a análise realizada pelo responsável técnico da concessionária local quanto à adequação do projeto às normas técnicas e padrões de fornecimento. Em geral, esta análise fica limitada ao cálculo da demanda, ao padrão de fornecimento, à entrada de serviço e à rede de alimentadores até a chegada nos quadros terminais (prumada). É importante observar que em hipótese alguma a análise e a posterior aprovação pela concessionária eximem o projetista de sua responsabilidade técnica.

### 2.4.14 Revisão do projeto

Possíveis adequações ou modificações para atender à padronização e normas técnicas da concessionária.

### 2.4.15 Termo técnico

Documento emitido pela concessionária que atesta que o projeto da instalação está de acordo com seus padrões e normas técnicas. É com ele que o proprietário do edifício poderá solicitar o pedido de ligação das instalações à concessionária de distribuição de energia.

#### Nota

O roteiro aqui descrito é em geral seguido por grande parte dos projetistas. Muitas vezes essa ordem pode ser alterada, conforme a complexidade do projeto ou a composição numérica e qualitativa da equipe que o elabora. Portanto, é possível incluir algumas etapas, suprimir outras e até fundir duas ou mais delas em uma só.

## 2.5 Glossário

Esse glossário apresenta o significado de alguns elementos de conexão da rede pública de baixa tensão com a unidade consumidora e outras definições pertinentes à instalação elétrica, de acordo com as normas técnicas brasileiras e das concessionárias de energia.

**Caixa de passagem** – Caixa destinada a possibilitar mudanças de direção e facilitar a enfição dos condutores.

**Circuito de distribuição** – Circuito que interliga o medidor ao quadro de distribuição, também conhecido como quadro de luz.

**Circuito terminal** – Circuito que alimenta diretamente os equipamentos de utilização e/ou tomadas de corrente a partir dos quadros de distribuição ou dos quadros terminais.

**Concessionária de energia** – Pessoa jurídica detentora de concessão federal para explorar a prestação de serviço público de energia elétrica.

**Entrada de energia (padrão de entrada)** – A especificação do padrão de entrada tem de estar de acordo com as normas da concessionária local. A instalação é de responsabilidade do consumidor, compreendendo ramal de entrada, poste particular ou pontalete, caixas, dispositivos de proteção, eletrodo de aterramento e ferragens. A instalação deve permitir a ligação de uma ou mais unidades consumidoras à rede da concessionária.

**Entrada de serviço** – Conjunto de condutores, equipamentos e acessórios compreendido entre o ponto de derivação da rede da concessionária e o de medição e proteção. No caso de prédio de múltiplas unidades, vai até o ponto de proteção geral.

**Origem da instalação** – Corresponde aos terminais de saída do dispositivo geral de comando e proteção, quando instalado após o medidor, ou aos terminais de saída do medidor, quando está ligado após o dispositivo geral de comando e proteção.

**Ponto de entrega** – Ponto de conexão do sistema elétrico da empresa distribuidora de eletricidade com a instalação elétrica do consumidor que delimita as responsabilidades da distribuidora, definidas pela autoridade reguladora.

**Quadro terminal** – Quadro elétrico que alimenta exclusivamente circuitos terminais.

**Ramal de entrada** – Conjunto de condutores e acessórios localizado entre o ponto de entrega e o de medição. No caso de prédio de múltiplas unidades, vai até a proteção geral.

**Ramal de ligação** – Conjunto de condutores e acessórios situado entre o ponto de derivação da rede da concessionária e o de entrega.

## 2.6 Simbologia para instalações elétricas

Para documentar um projeto de instalação elétrica, é preciso usar a simbologia estabelecida pela norma NBR 5444:1989 da ABNT. Além de facilitar a execução do projeto, os símbolos gráficos permitem identificar todos os componentes utilizados, assim como seu dimensionamento e sua localização física. As tabelas 2.2 a 2.8 apresentam esses símbolos.



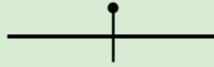
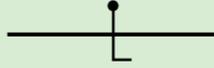
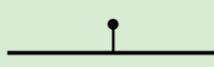
**Tabela 2.2**

NBR 5444:1989 – Dutos e distribuição.

Símbolo	Significado	Observações
	Eletroduto embutido no teto ou parede.	Todas as dimensões em mm. Indicar a bitola se não for 15 mm.
	Eletroduto embutido no piso.	Todas as dimensões em mm. Indicar a bitola se não for 15 mm.
	Telefone no teto.	Todas as dimensões em mm. Indicar a bitola se não for 15 mm.
	Telefone no piso.	Todas as dimensões em mm. Indicar a bitola se não for 15 mm.
	Tubulação para campainha, som, anunciador ou outro sistema.	Indicar na legenda o sistema passante.
	Condutor de fase no interior do eletroduto.	Cada traço representa um condutor. Indicar bitola (seção), número do circuito e a bitola (seção) dos condutores, exceto se forem de 1,5 mm <sup>2</sup> .
	Condutor de neutro no interior do eletroduto.	Cada traço representa um condutor. Indicar bitola (seção), número do circuito e a bitola (seção) dos condutores, exceto se forem de 1,5 mm <sup>2</sup> .
	Condutor de retorno no interior do eletroduto.	Cada traço representa um condutor. Indicar bitola (seção), número do circuito e a bitola (seção) dos condutores, exceto se forem de 1,5 mm <sup>2</sup> .
	Condutor terra no interior do eletroduto.	Cada traço representa um condutor. Indicar bitola (seção), número do circuito e a bitola (seção) dos condutores, exceto se forem de 1,5 mm <sup>2</sup> .
	Condutor positivo no interior do eletroduto.	

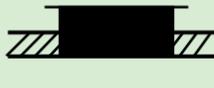
Símbolo	Significado	Observações
	Condutor negativo no interior do eletroduto.	
	Cordoalha de terra.	Indicar a seção utilizada. 50. significa 50 mm <sup>2</sup> .
	Leito de cabos com um circuito passante, composto de três fases, cada um por dois cabos de 25 mm <sup>2</sup> mais dois cabos de neutro bitola 10 mm <sup>2</sup> .	25. significa 25 mm <sup>2</sup> . 10. significa 10 mm <sup>2</sup> .
	Caixa de passagem no piso.	Dimensões em mm.
	Caixa de passagem no teto.	Dimensões em mm.
	Caixa de passagem na parede.	Indicar altura e se necessário fazer detalhe. Dimensões em mm.
	Eletroduto que sobe.	
	Eletroduto que desce.	
	Eletroduto que passa subindo.	
	Eletroduto que passa descendo.	
	Sistema de calha no piso.	No desenho, aparecem quatro sistemas, que habitualmente são: I. Luz e força II. Telefone (Telebrás) III. Telefone (P(a), Bx, Ks, ramais) IV. Especiais (comunicações)



Símbolo	Significado	Observações
	Condutor seção 1 mm <sup>2</sup> fase para campainha.	Se a bitola for maior, indicá-la.
	Condutor seção 1 mm <sup>2</sup> neutro para campainha.	Se a bitola for maior, indicá-la.
	Condutor seção 1 mm <sup>2</sup> retorno para campainha.	Se a bitola for maior, indicá-la.

**Tabela 2.3**

NBR 5444:1989 – Quadros de distribuição.

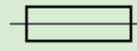
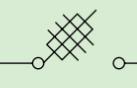
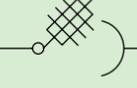
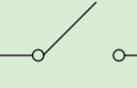
Símbolo	Significado	Observações
	Quadro parcial de luz e força aparente.	Indicar as cargas de luz em watts e de forças em W ou kW.
	Quadro parcial de luz e força embutido.	Indicar as cargas de luz em watts e de forças em W ou kW.
	Quadro geral de luz e força aparente.	Indicar as cargas de luz em watts e de forças em W ou kW.
	Quadro geral de luz e força embutido.	Indicar as cargas de luz em watts e de forças em W ou kW.
	Caixa de telefones.	
	Caixa para medidor ou quadro de medição embutido.	

**Tabela 2.4**

NBR 5444:1989 – Interruptores (símbolos para plantas).

Símbolo	Significado	Observações
	Interruptor simples de uma seção (uma tecla).	A letra minúscula indica o ponto comandado.
	Interruptor simples de duas seções (duas teclas).	As letras minúsculas indicam os pontos comandados.

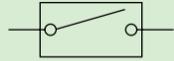
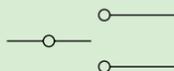
Símbolo	Significado	Observações
	Interruptor simples de três seções (três teclas).	As letras minúsculas indicam os pontos comandados.
	Interruptor paralelo de uma seção (uma tecla) ou <i>three-way</i> .	A letra minúscula indica o ponto comandado.
	Interruptor intermediário ou <i>four-way</i> .	A letra minúscula indica o ponto comandado.
	Interruptor simples bipolar.	A letra minúscula indica o ponto comandado.
	Botão de minuteria.	
	Botão de campainha na parede (ou comando a distância).	
	Botão de campainha no piso (ou comando a distância).	

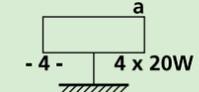
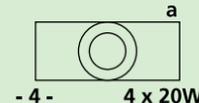
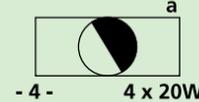
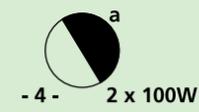
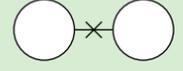
Símbolo	Significado	Observações
	Fusível.	Indicar a tensão, correntes nominais.
	Chave seccionadora com fusíveis, abertura sem carga.	Indicar a tensão, correntes nominais. Ex.: chave tripolar.
	Chave seccionadora com fusíveis, abertura em carga.	Indicar a tensão, correntes nominais. Ex.: chave bipolar.
	Chave seccionadora, abertura sem carga.	Indicar a tensão, correntes nominais. Ex.: chave monopolar.
	Chave seccionadora, abertura em carga.	Indicar a tensão, correntes nominais.

**Tabela 2.5**

NBR 5444:1989 – Interruptores (símbolos para diagramas).

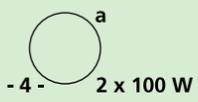
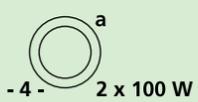
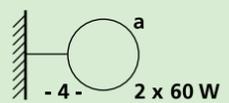
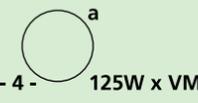
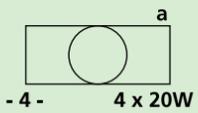


Símbolo	Significado	Observações
	Disjuntor a óleo.	Indicar a tensão, a corrente, a potência, a capacidade nominal de interrupção e a polaridade.
	Disjuntor a seco.	Indicar a tensão, a corrente, a potência, a capacidade nominal de interrupção e a polaridade com traços.
	Chave reversora.	

Símbolo	Significado	Observações
	Ponto de luz fluorescente na parede.	Indicar a altura da luminária. A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre os dois traços, o circuito.
	Ponto de luz fluorescente no teto (embutido).	A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre os dois traços, o circuito.
	Ponto de luz fluorescente no teto em circuito vigia (emergência).	A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre os dois traços, o circuito.
	Ponto de luz incandescente no teto em circuito vigia (emergência).	A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre os dois traços, o circuito.
	Sinalização de tráfego (rampas, entradas etc.).	
	Sinalização.	
	Refletor.	Indicar a potência, a tensão e o tipo de lâmpada.
	Poste com duas luminárias para iluminação externa.	Indicar as potências e os tipos de lâmpada.
	Lâmpada obstáculo.	
	Minuteria.	Diâmetro igual ao do interruptor.
	Luz de emergência na parede (independente).	
	Exaustor	

**Tabela 2.6**

NBR 5444:1989 – Luminárias, refletores e lâmpadas.

Símbolo	Significado	Observações
	Ponto de luz incandescente no teto.	A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre os dois traços, o circuito.
	Ponto de luz incandescente no teto (embutido).	A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre os dois traços, o circuito.
	Ponto de luz incandescente na parede (arandela).	Indicar a altura da arandela. A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre os dois traços, o circuito.
	Ponto de luz a vapor de mercúrio no teto.	Indicar o número de lâmpadas e a potência em watts. A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre os dois traços, o circuito.
	Ponto de luz fluorescente no teto.	Indicar o número de lâmpadas e, na legenda, o tipo de partida do reator. A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre os dois traços, o circuito.



**Tabela 2.7**  
NBR 5444:1989 – Tomadas.

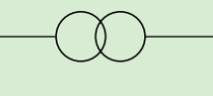
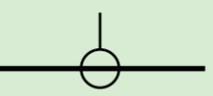
Símbolo	Significado	Observações
	Tomada de luz na parede, baixa (300 mm do piso acabado).	Especificar a potência ao lado em VA (exceto se for 100 VA), como também o número do circuito correspondente e a altura da tomada, se for diferente da normalizada; se a tomada for de força, indicar o número de W ou kW.
	Tomada de luz na parede, a meia altura (1 300 mm do piso acabado).	Especificar a potência ao lado em VA (exceto se for 100 VA), como também o número do circuito correspondente e a altura da tomada, se for diferente da normalizada; se a tomada for de força, indicar o número de W ou kW.
	Tomada de luz na parede, alta (2 000 mm do piso acabado).	Especificar a potência ao lado em VA (exceto se for 100 VA), como também o número do circuito correspondente e a altura da tomada, se for diferente da normalizada; se a tomada for de força, indicar o número de W ou kW.
	Tomada de luz no piso.	Especificar a potência ao lado em VA (exceto se for 100 VA), como também o número do circuito correspondente e a altura da tomada, se for diferente da normalizada; se a tomada for de força, indicar o número de W ou kW.
	Tomada para rádio e televisão.	
	Relógio elétrico no teto.	

Símbolo	Significado	Observações
	Relógio elétrico na parede.	
	Saída de som no teto.	
	Saída de som na parede.	Indicar a altura "h".
	Saída para telefone externo na parede (rede Telebrás).	Indicar a tensão, a corrente, a potência, a capacidade nominal de interrupção e a polaridade.
	Saída para telefone externo na parede a uma altura "h".	Especificar "h".
	Saída para telefone interno na parede.	
	Saída para telefone externo no piso.	
	Saída para telefone interno no piso.	
	Cigarra.	
	Campainha.	
	Quadro anunciador.	Dentro do círculo, indicar o número de chamadas em algarismo romano.



**Tabela 2.8**

NBR 5444:1989 – Motores e transformadores.

Símbolo	Significado	Observações
	Gerador.	Indicar as características nominais.
	Motor.	Indicar as características nominais.
	Transformador de potência.	Indicar as relações de tensões e valores nominais.
	Transformador de corrente (um núcleo).	Indicar a relação de espiras, classe de exatidão e nível de isolamento. A barra de primário deve ter um traço mais grosso.
	Transformador de potencial.	Indicar a relação de espiras, classe de exatidão e nível de isolamento. A barra de primário deve ter um traço mais grosso.
	Retificador.	

## 2.7 Caminhos da eletricidade nas instalações elétricas

A energia elétrica que abastece o setor residencial é fornecida por transformadores abaixadores localizados nos postes da rede secundária de distribuição. Pelo ramal de distribuição aérea ou subterrânea, chega ao poste de entrada, onde se encontra a caixa do medidor de energia. Então, segue por fios para o quadro de distribuição, instalado na parte interna da residência, e finalmente para os circuitos terminais para alimentar as cargas, ou seja, lâmpadas, chuveiros, torneiras elétricas e aparelhos eletroeletrônicos ligados às tomadas.

Na caixa do medidor de energia e no quadro de distribuição são instalados disjuntores termomagnéticos, que servem para proteger os condutores dos circuitos internos da casa e os eletrodomésticos. Os condutores são cabos e fios de cobre que permitem interconexões dos circuitos. O disjuntor denominado diferencial residual serve para a proteção contra choque elétrico e sua instalação é obrigatória.

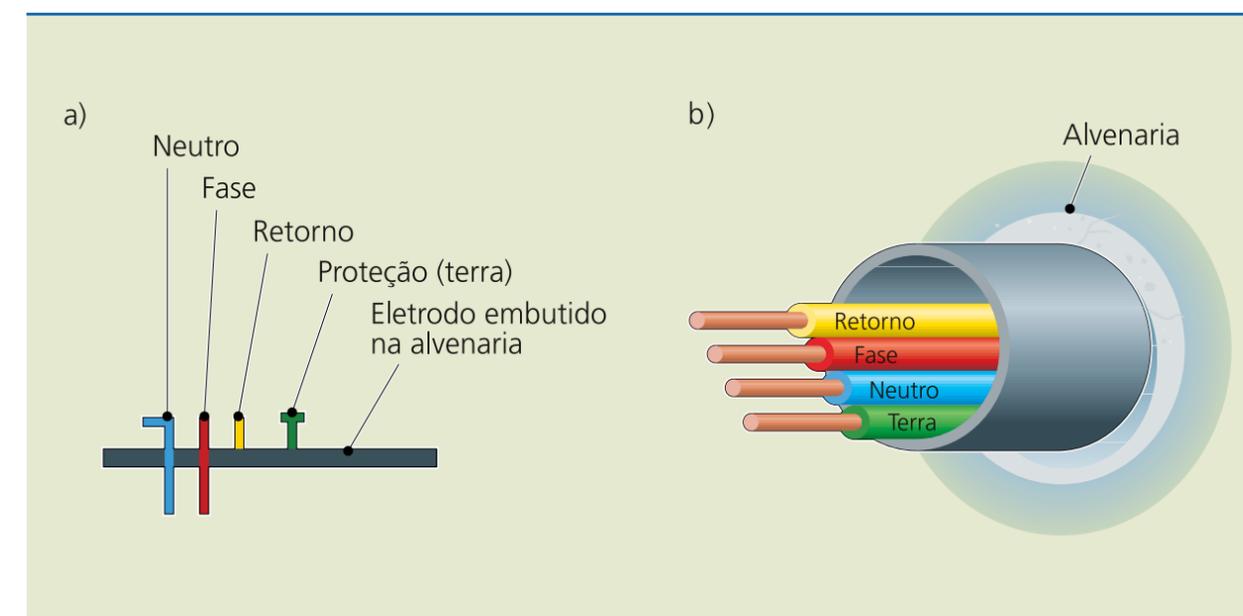
## 2.8 Condutores: cores padronizadas

Os condutores utilizados em instalação elétrica são: fase, neutro, retorno e de proteção (terra). Além da simbologia estabelecida pela norma NBR 5444:1989, eles têm cores padronizadas, previstas pela norma NBR 5410:2004 e pelo código internacional de cores: azul-claro para o neutro e verde ou verde-amarelo para o terra.

A figura 2.31 mostra a simbologia e a representação física, em corte, de um eletroduto embutido em alvenaria, pelo qual passam os condutores elétricos.

**Figura 2.31**

Condutores elétricos de um eletroduto embutido em alvenaria: (a) simbologia (NBR 5444:1989) e (b) representação gráfica, em corte.



## 2.9 Diagramas esquemáticos de instalação elétrica

Os diagramas esquemáticos podem ser desenhados ou representados de diversas maneiras em uma instalação elétrica predial. Os três mais importantes são:

- **Esquema unifilar** – É a simplificação da representação do circuito elétrico da instalação. Com uma única linha, indica-se o número de condutores e sua trajetória na instalação elétrica. É o esquema mais utilizado em projetos de instalações elétricas prediais.
- **Esquema multifilar** – Apresenta detalhes da instalação do circuito elétrico completo. Cada linha representa um fio utilizado nas ligações dos componentes elétricos.
- **Esquema funcional** – Representa graficamente todos os detalhes de montagem do sistema elétrico, além das funções de cada componente elétrico.

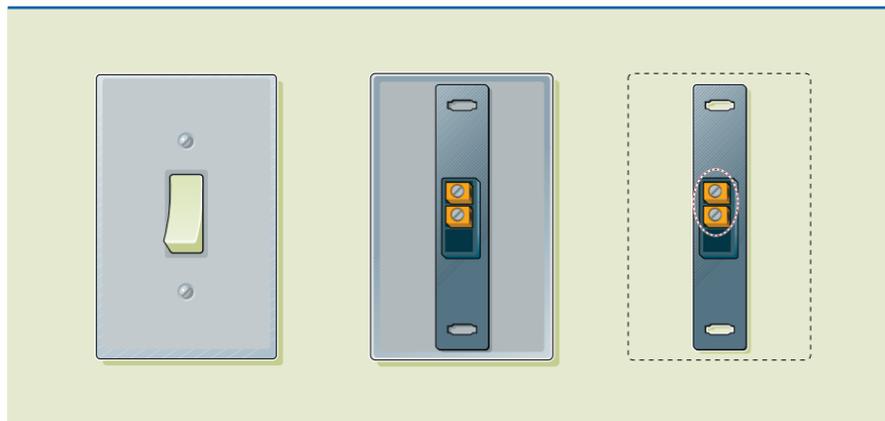


### 2.9.1 Circuito elétrico com interruptor e lâmpada incandescente

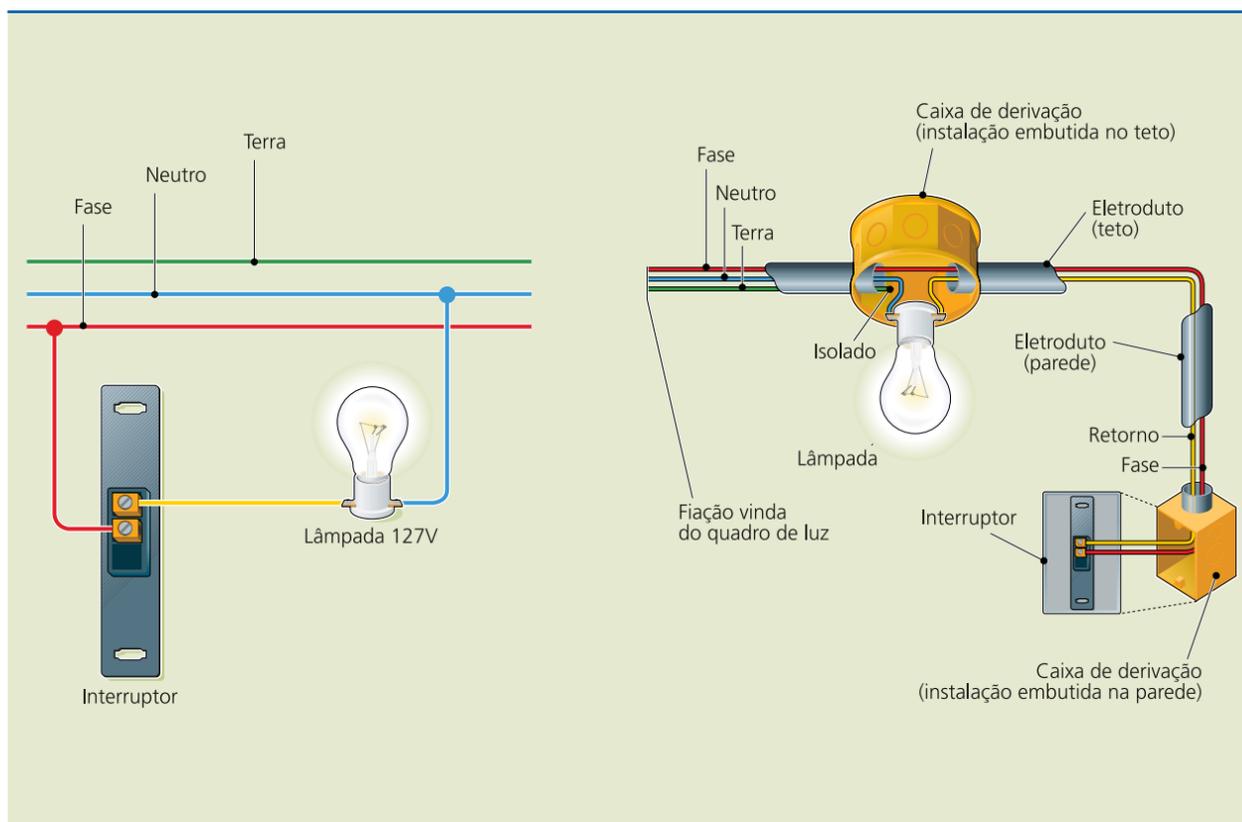
#### Interruptor simples (10 A/250 V)

É utilizado para ligar e desligar lâmpada(s) em um único ponto de comando (figura 2.32).

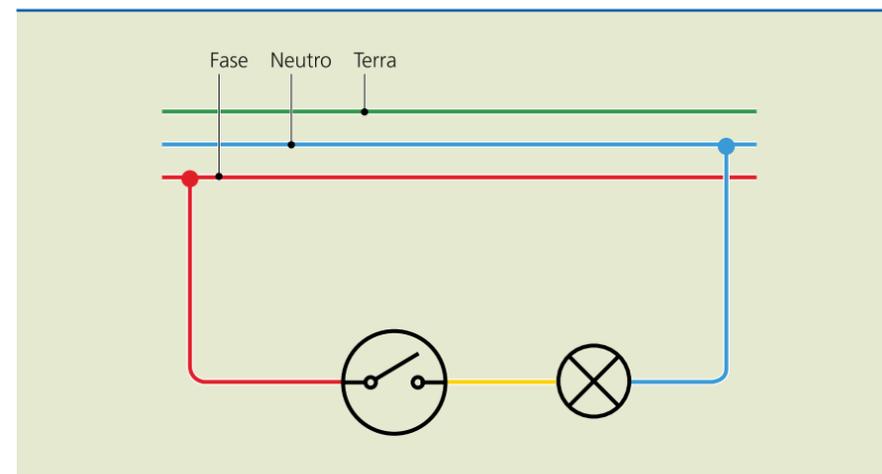
**Figura 2.32**  
Interruptor simples.



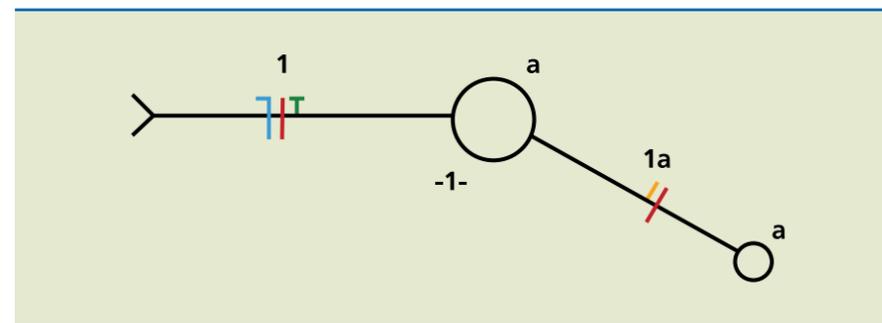
**Figura 2.33**  
Esquema funcional do interruptor simples.



As figuras 2.33, 2.34 e 2.35 apresentam, respectivamente, os esquemas funcional, multifilar e unifilar para o circuito com interruptor simples e lâmpada incandescente.



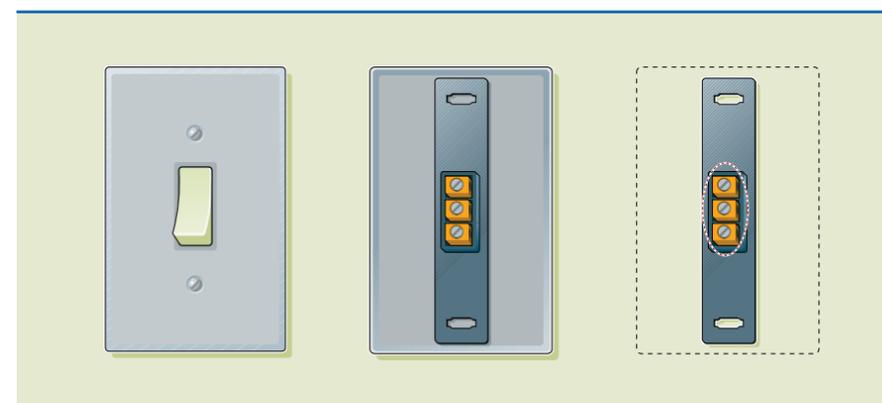
**Figura 2.34**  
Esquema multifilar do interruptor simples.



**Figura 2.35**  
Esquema unifilar do interruptor simples.

#### Interruptor paralelo (10 A/250 V)

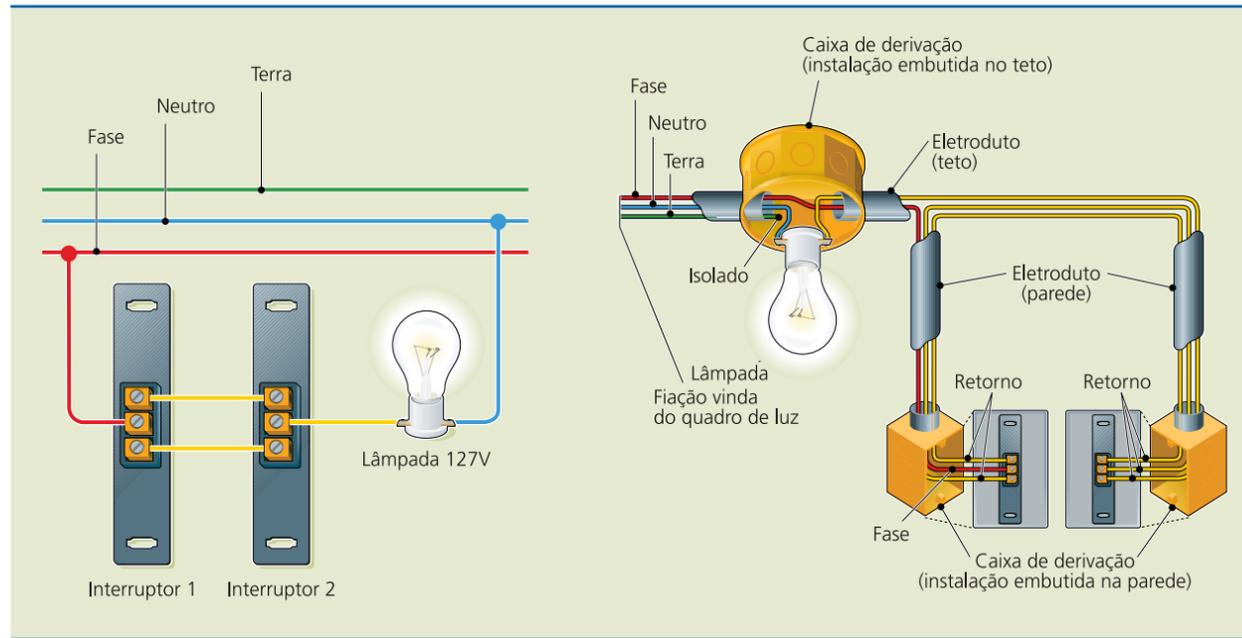
É recomendado quando se deseja ligar e desligar a(s) lâmpada(s) em dois pontos de comando distantes (figura 2.36).



**Figura 2.36**  
Interruptor paralelo.

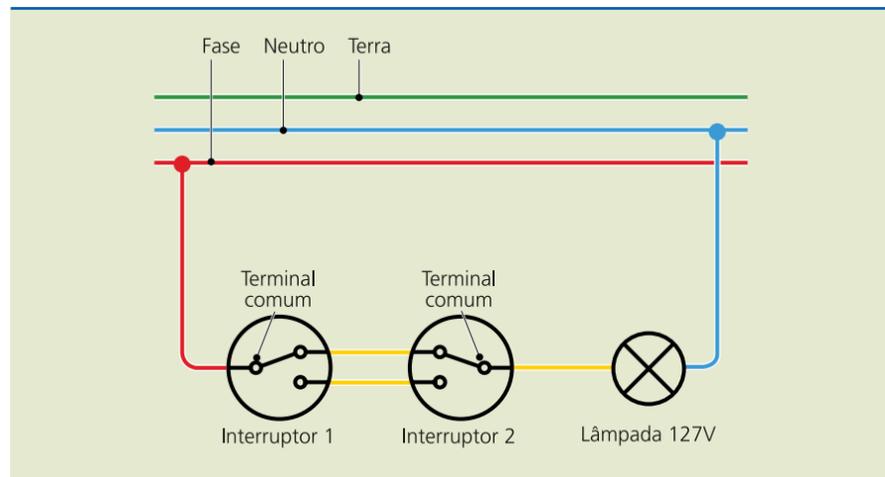
As figuras 2.37, 2.38 e 2.39 apresentam, respectivamente, os esquemas funcional, multifilar e unifilar para o circuito com interruptor paralelo e lâmpada incandescente.





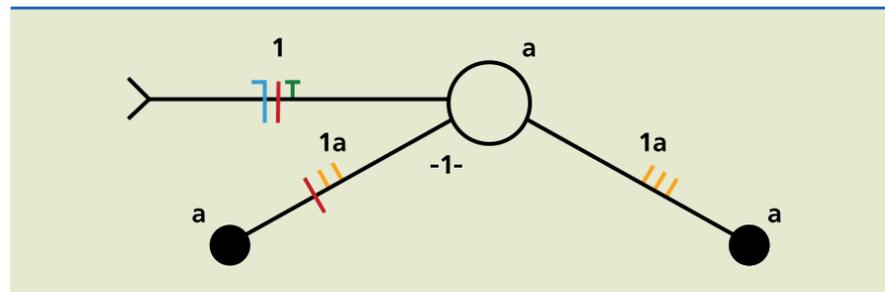
**Figura 2.37**

Esquema funcional do interruptor paralelo.



**Figura 2.38**

Esquema multifilar do interruptor paralelo.

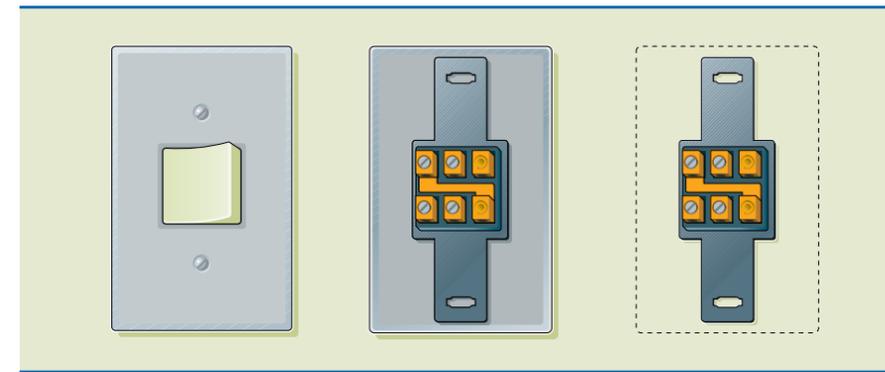


**Figura 2.39**

Esquema unifilar do interruptor paralelo.

**Interruptor intermediário (10 A/250 V)**

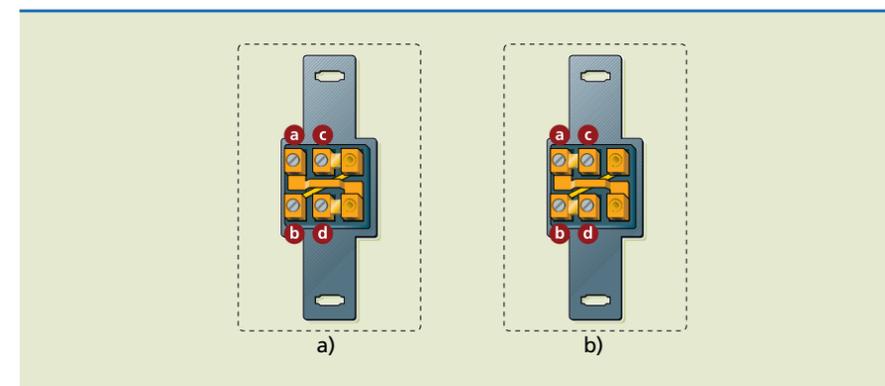
É utilizado para ligar e desligar sequencialmente lâmpadas em corredores e escadarias, quando há mais de dois pontos de comando. Instala-se sempre entre dois interruptores paralelos (figura 2.40).



**Figura 2.40**

Interruptor intermediário.

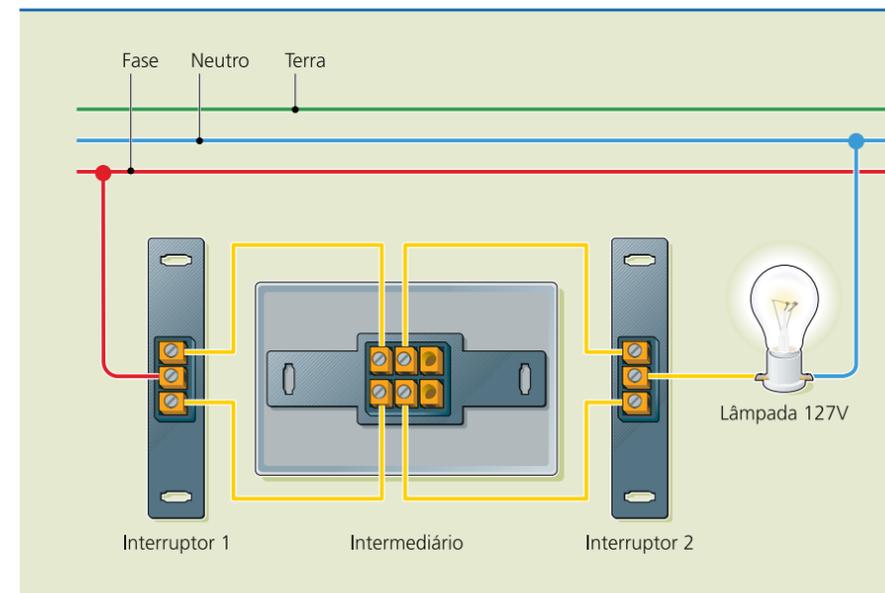
O interruptor intermediário possui dois tipos de conexão elétrica interna: de A com D e de B com C (figura 2.41a) e de A com C e de B com D (figura 2.41b). As conexões entre os pontos A, B, C e D podem variar de acordo com o fabricante.



**Figura 2.41**

Configurações internas do interruptor intermediário.

As figuras 2.42, 2.43 e 2.44 apresentam os esquemas funcional, multifilar e unifilar para o circuito com interruptor intermediário e lâmpada incandescente.



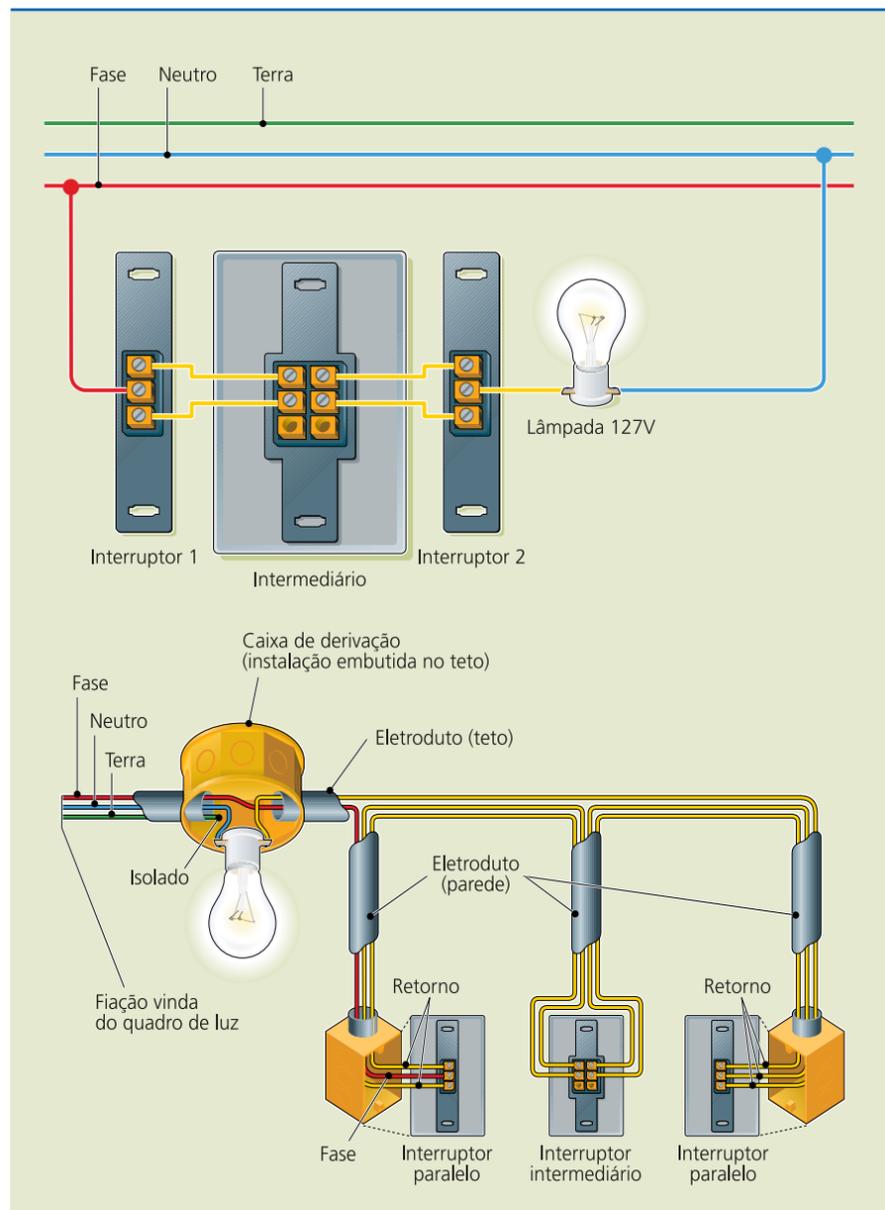
**Figura 2.42**

Esquema funcional do interruptor intermediário.



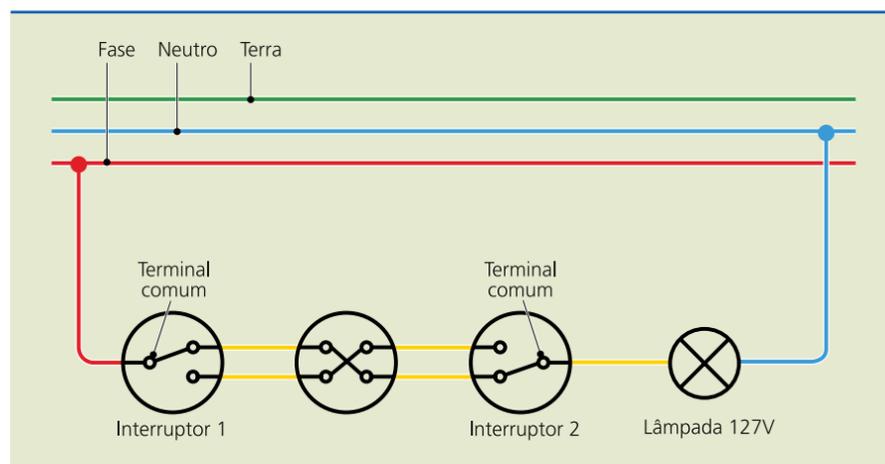
**Figura 2.43**

Esquema funcional do interruptor intermediário.



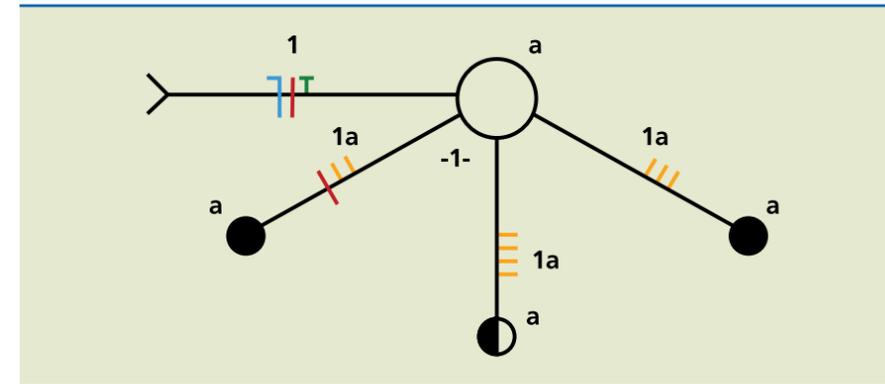
**Figura 2.44**

Esquema multifilar do interruptor intermediário.



**Figura 2.45**

Esquema unifilar do interruptor intermediário.



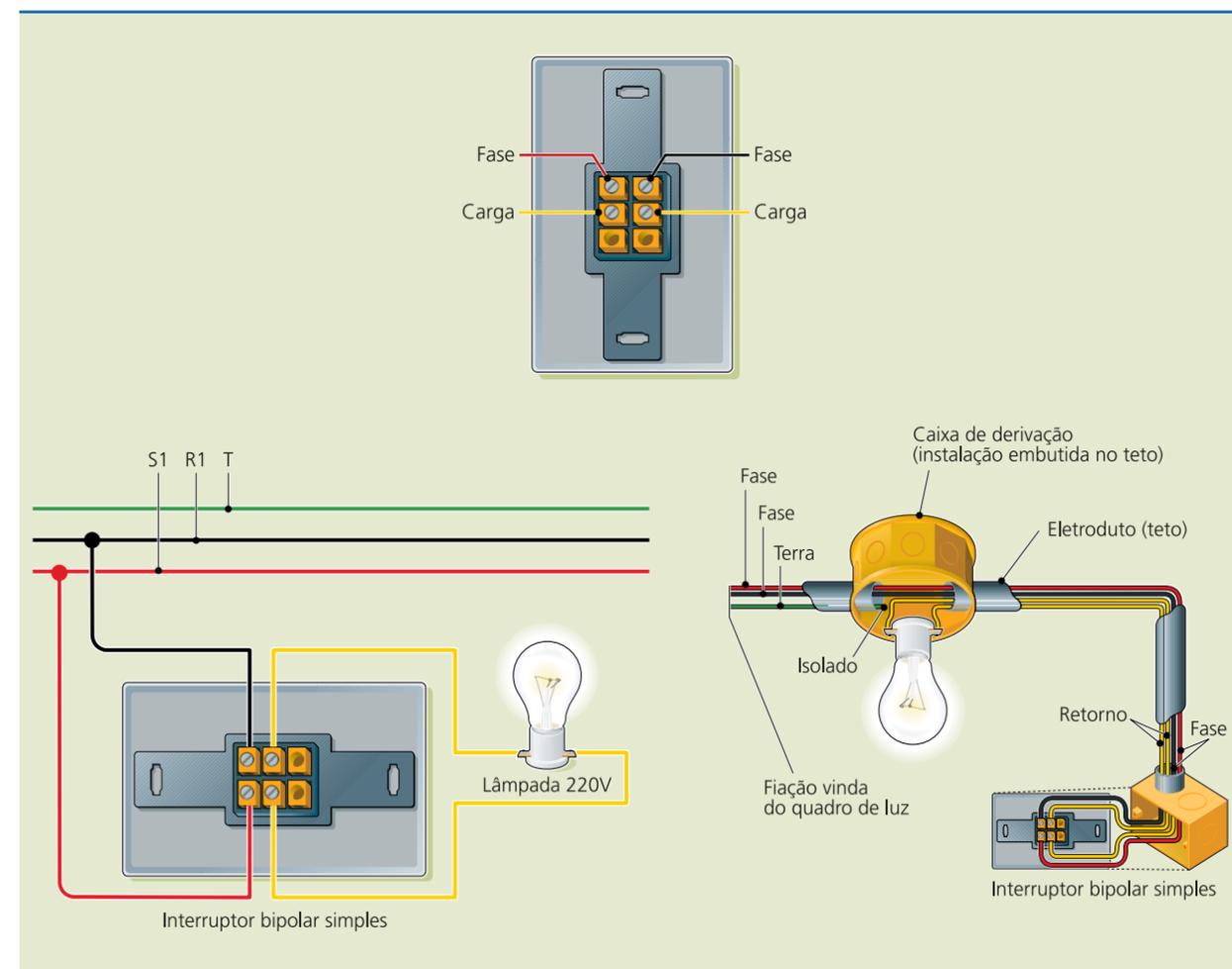
**Interruptor bipolar simples (10 A/250 V)**

É usado em sistemas bifásicos (duas fases), podendo ser instalado para ligar e desligar lâmpada(s) em um único ponto de comando.

As figuras 2.46, 2.47 e 2.48 apresentam, respectivamente, os esquemas funcional, multifilar e unifilar (figura 2.49) para o circuito com interruptor bipolar simples e lâmpada incandescente.

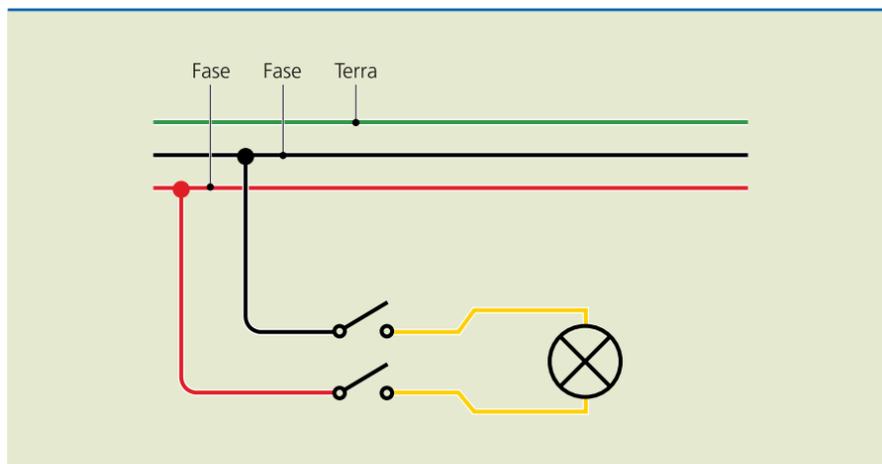
**Figura 2.46**

Esquema funcional do interruptor bipolar simples.



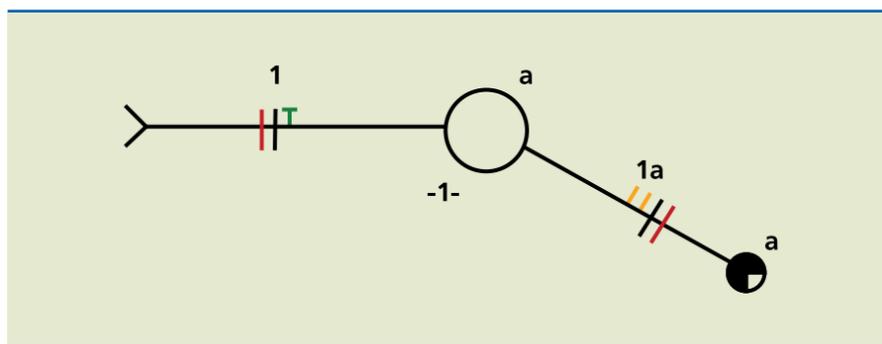
**Figura 2.47**

Esquema multifilar do interruptor bipolar simples.



**Figura 2.48**

Esquema unifilar do interruptor bipolar simples.



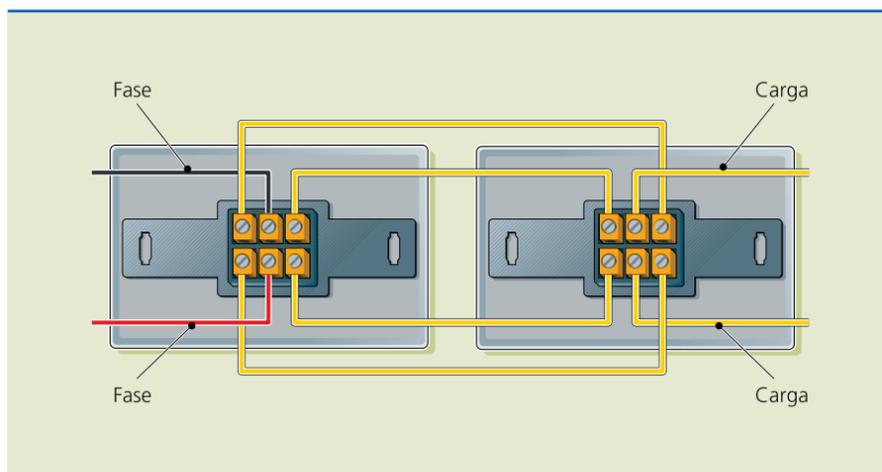
**Interruptor bipolar paralelo (10 A/250 V)**

É utilizado em sistemas bifásicos (duas fases). Instala-se esse interruptor para ligar e desligar lâmpada(s) em dois pontos de comandos dentro do mesmo ambiente, como escadarias ou corredores.

As figuras 2.49 e 2.50 apresentam, respectivamente, os esquemas funcional e unifilar para o circuito com interruptor bipolar paralelo e lâmpada incandescente.

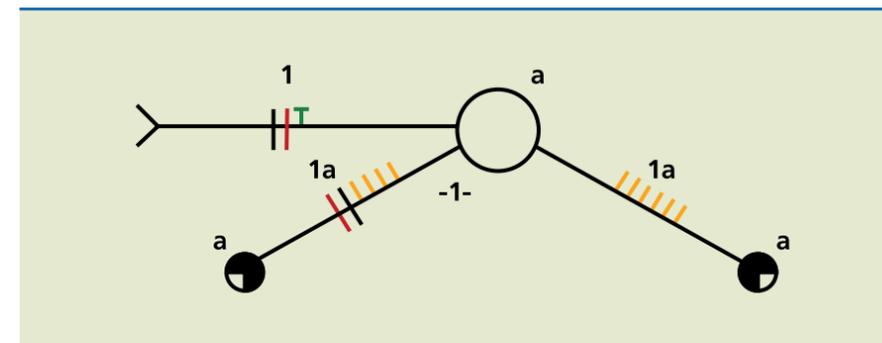
**Figura 2.49**

Esquema funcional do interruptor bipolar paralelo.



**Figura 2.50**

Esquema unifilar do interruptor bipolar paralelo.

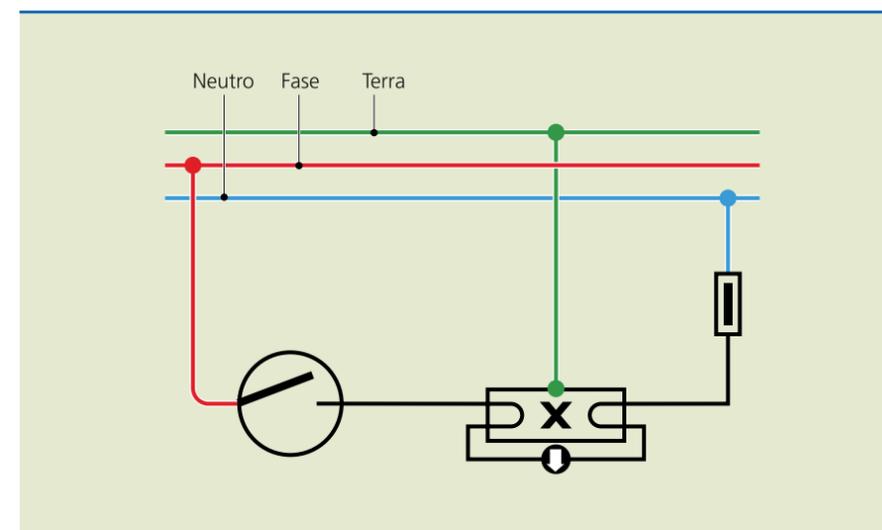


**Reator convencional**

As figuras 2.51 e 2.52 mostram os esquemas multifilar e unifilar para o circuito com reator convencional (com *starter*) para lâmpada fluorescente.

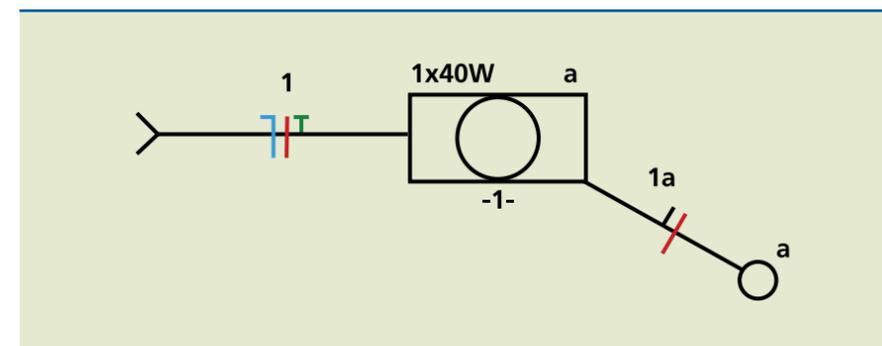
**Figura 2.51**

Esquema multifilar do reator convencional (com *starter*).



**Figura 2.52**

Esquema unifilar do reator convencional (com *starter*).



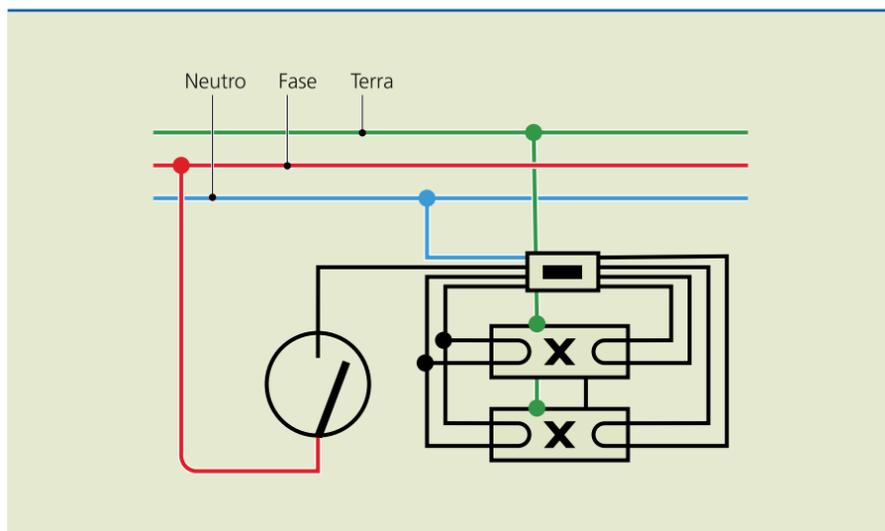
**Reator duplo de partida rápida**

As figuras 2.53 e 2.54 ilustram os esquemas multifilar e unifilar para o circuito com reator duplo de partida rápida para lâmpada fluorescente.



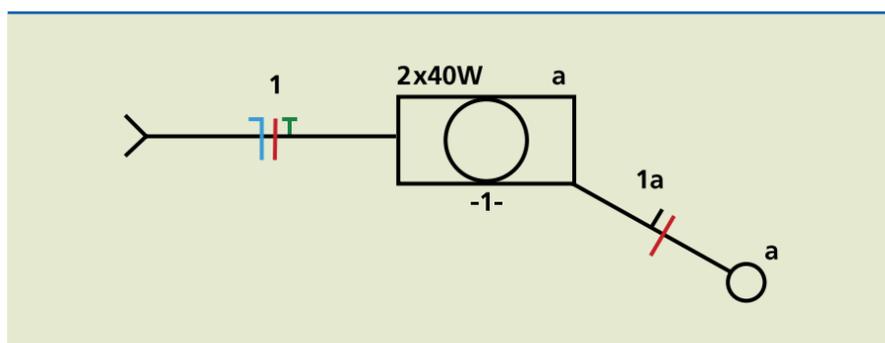
**Figura 2.53**

Esquema multifilar do reator duplo de partida rápida.



**Figura 2.54**

Esquema unifilar do reator duplo de partida rápida.

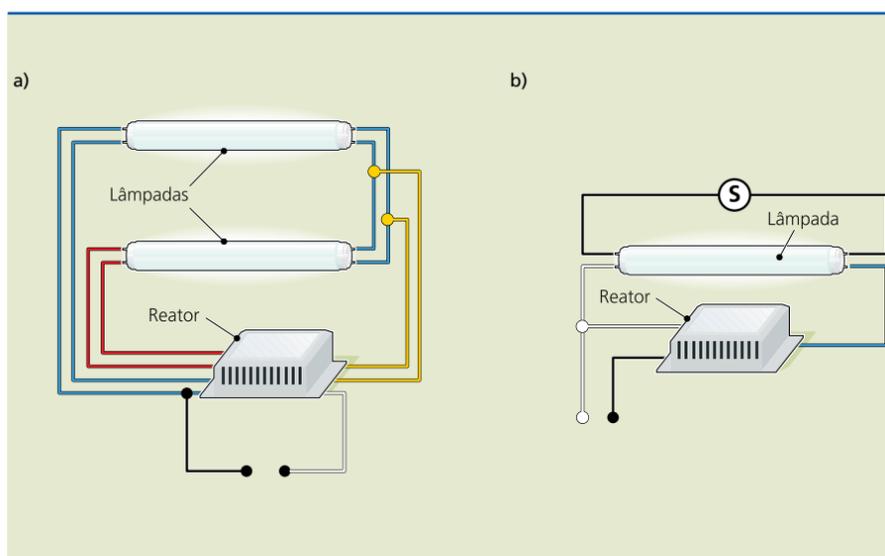


**Ligação dos dois tipos de reatores**

A figura 2.55 apresenta o esquema multifilar para o reator duplo de partida rápida e para o reator convencional.

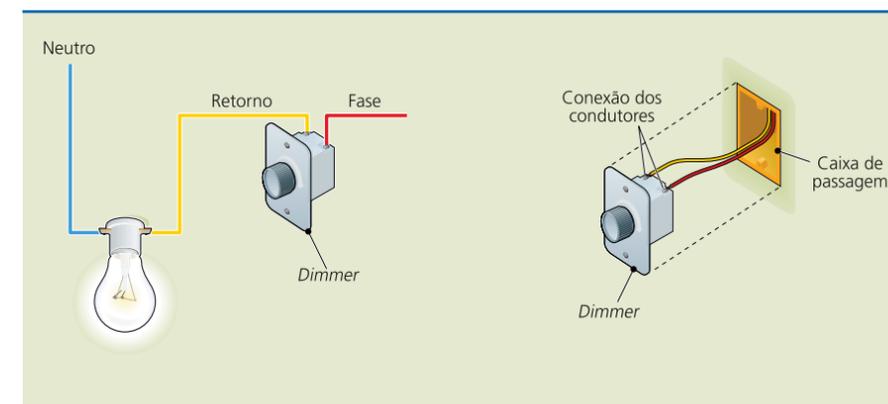
**Figura 2.55**

Exemplos de ligações:  
(a) reator duplo de partida rápida e  
(b) reator convencional.



**2.9.2 Dimmer**

É um dispositivo eletrônico de controle de intensidade luminosa de lâmpadas incandescentes acionado por potenciômetro (figura 2.56).

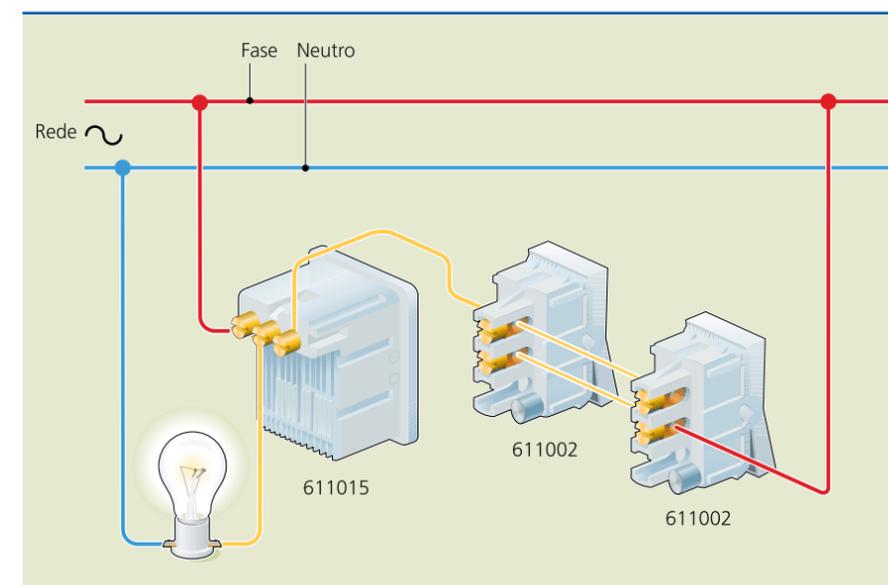


**Figura 2.56**

**Dimmer:**  
(a) representação funcional e  
(b) exemplo de ligação.

**2.9.3 Minuteria**

Consiste em um dispositivo elétrico que controla o tempo que a(s) lâmpada(s) fica(m) acesa(s). O ajuste do tempo é feito com uma chave seletora (figura 2.57). É muito utilizado em corredores de condomínios residenciais.



**Figura 2.57**  
Ligação multifilar da minuteria.

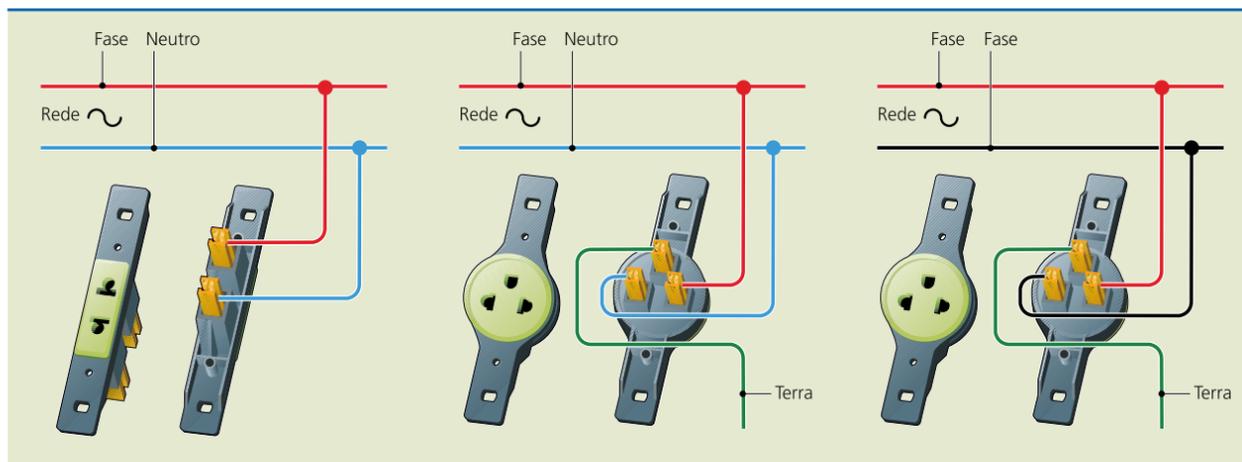
**2.9.4 Tomadas**

Existem diferentes tipos de tomadas disponíveis no mercado. As figuras 2.58, 2.59 e 2.60 apresentam, respectivamente, os esquemas funcional, multifilar e unifilar para alguns modelos simples.



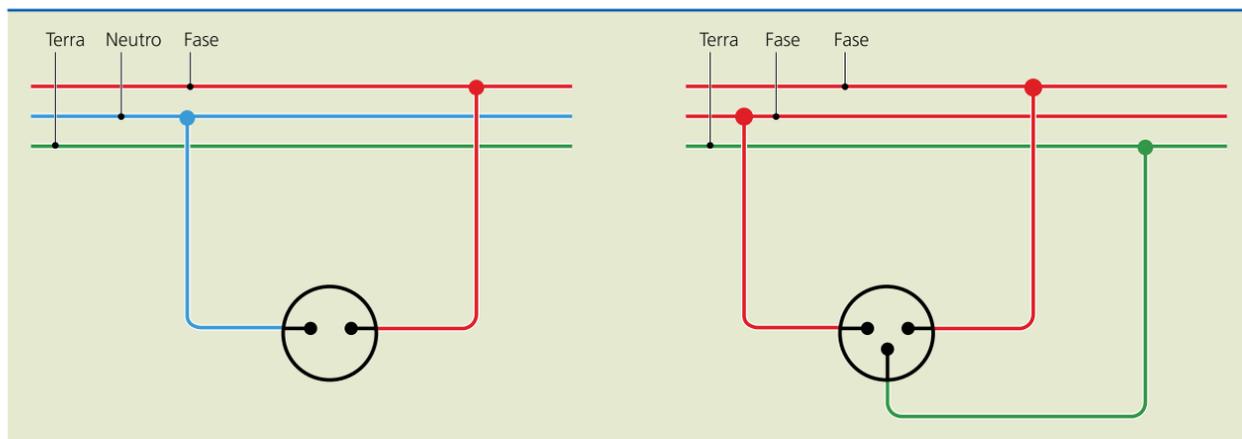
**Figura 2.58**

Esquema funcional da tomada.



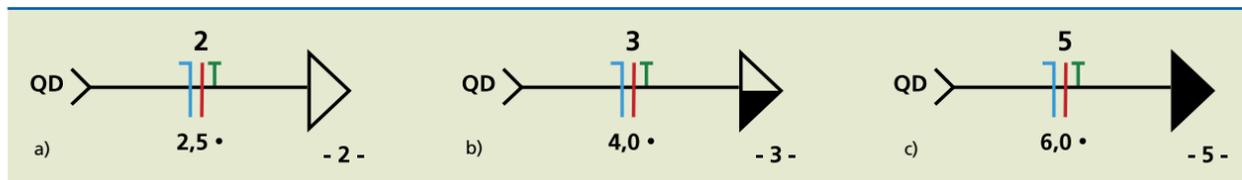
**Figura 2.59**

Esquema multifilar do ponto de tomada.



**Figura 2.60**

Esquema unifilar do ponto de tomada: (a) tomada baixa, (b) tomada a meia altura e (c) tomada alta.

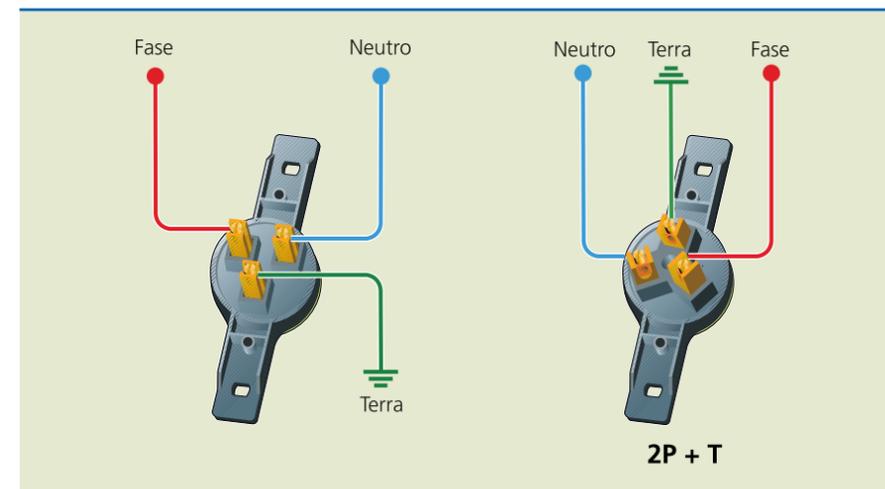


- As tomadas podem ser instaladas em três alturas, de acordo com a finalidade; portanto, ao elaborar o esquema unifilar, o projetista deve indicar essa informação no desenho. Na figura 2.60, as marcações 2,5, 4,0 e 6,0 indicam as seções nominais dos condutores (bitolas) desses circuitos, ou seja, 2,5 mm<sup>2</sup>, 4,0 mm<sup>2</sup> e 6,0 mm<sup>2</sup>, respectivamente, e os números 2, 3 e 5, a que circuito terminal pertencem os pontos de tomadas e os condutores.

**Tomada 2P+T**

É a tomada universal de 10-15 A/250 V, com três pinos, da qual há vários tipos. Para evitar problemas com inversão de fase, é preciso observar as posições dos terminais (figura 2.61).

Os três pinos têm posições definidas, o que impede a conexão invertida de um cabo com a tomada.

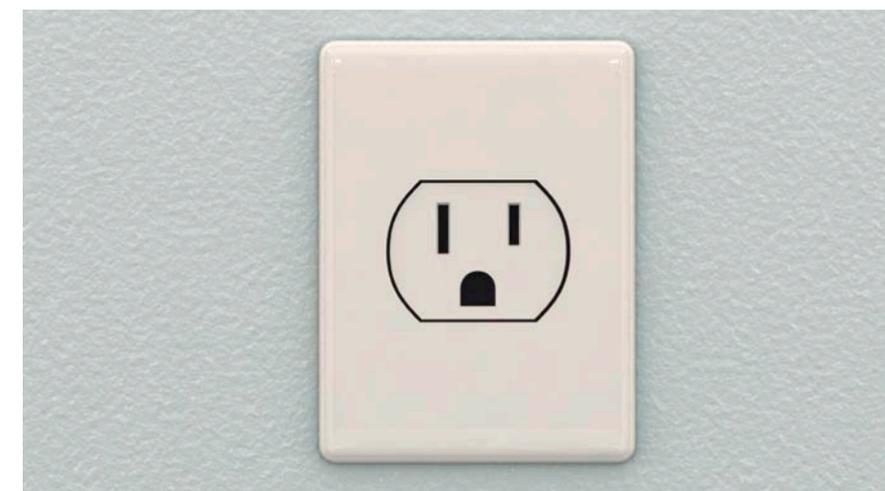


**Figura 2.61**

Detalhe da tomada 2P+T.

**Tomada para computadores**

Nesse tipo de tomada, não há possibilidade de inverter a posição do cabo, evitando a queima do computador (figura 2.62).



**Figura 2.62**

Detalhe da tomada para computador.

**Tomada de três polos**

Pode ser utilizada para fazer ligações trifásicas (3F) ou bifásicas e um terra (2F+T). A figura 2.63 apresenta o esquema funcional.

