

FIC

ALEXANDRE SOARES

# Eletricista Predial

VOLUME 1



TEC  
AIO

## **Governo do Estado do Rio de Janeiro**

**Governador:** Wilson Witzel

**Secretário de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação:** Leonardo Rodrigues

## **FAETEC - Fundação de Apoio à Escola Técnica**

[www.faetec.rj.gov.br](http://www.faetec.rj.gov.br)

**Presidente:** Romulo Mello Massacesi

**Vice Presidente Educacional:** Rogério Tavares Pires

**Assessor de Projetos Especiais VPE:** Rogério de Queiroz Romeiro

**Diretora da Diretoria de Formação Inicial e Continuada:** Ana Paula Pillar dos Santos Leitão

## **Fundação Cecierj**

[www.cederj.edu.br](http://www.cederj.edu.br)

**Presidente:** Carlos Eduardo Bielschowsky

**Vice-presidente:** Marilvia Dansa de Alencar

### **Elaboração de Conteúdo**

Alexandre Soares

### **Coordenação do Programa Tec Rio**

Priscila de Souza Costa Couto

### **Diretoria de Extensão**

Michelle Casal Fernandes

### **Diretoria de Material Didático**

Bruno José Peixoto

### **Coordenação de Design Instrucional**

Flávia Busnardo da Cunha

### **Design Instrucional**

Renata Vettoretti

Gabriel Ramos

### **Diretoria de Material Impresso**

Ulisses Schnaider

### **Revisão Linguística**

José Meyohas

### **Ilustração**

Andre Amaral, André Dahmer, Clara Gomes,  
Renan Alves, Vinicius Mitchell

### **Diagramação**

Camille Moraes, Fernanda Novaes,  
Larissa Averbug, Nubia Roma

### **Capa**

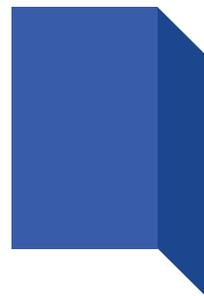
Larissa Averbug e Vinicius Mitchell

### **Projeto Gráfico**

Larissa Averbug

### **Produção Gráfica**

Fábio Rapello Alencar





FIC

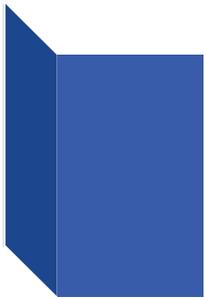
ALEXANDRE SOARES

# Eletricista Predial

VOLUME 1

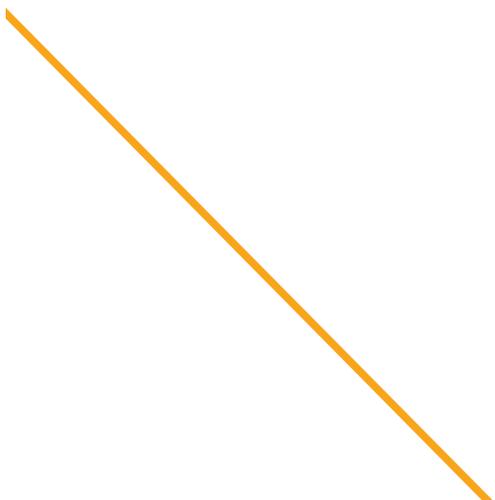


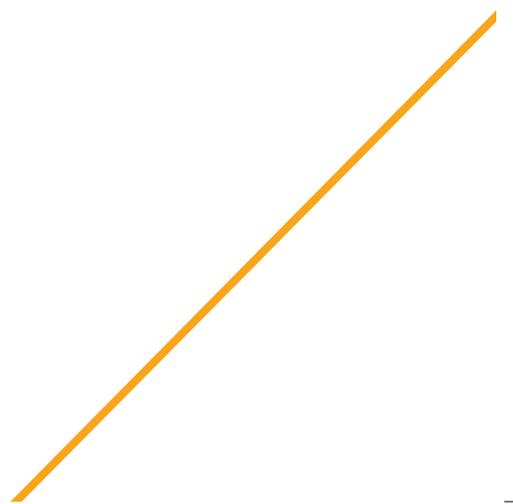




# Sumário

- 7 Unidade 1  
**Introdução à Eletricidade**
- 21 Unidade 2  
**Características básicas de um circuito elétrico**
- 27 Unidade 3  
**Noções de geração e padrão de entrada**
- 47 Unidade 4  
**Conexões em instalações elétricas**
- 71 Unidade 5  
**Símbolos gráficos para instalações elétricas**
- 85 Unidade 6  
**Interruptores e tomadas**
- 103 Unidade 7  
**Dispositivos de proteção e manobra**
- 129 Unidade 8  
**Divisão das instalações elétricas**
- 139 Unidade 9  
**Quadro de distribuição elétrico**





unidade

1

# Introdução à Eletricidade

# 1

## O átomo e a corrente elétrica

### Matéria e substância

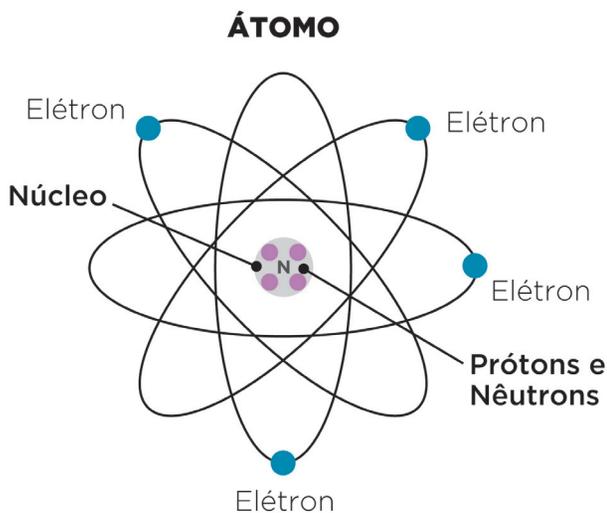
Matéria é tudo que existe no universo. A madeira, o vidro, a água são exemplos de matéria.

### Moléculas e Átomos

Molécula é a menor parte que pode existir de uma substância. Por exemplo, a molécula de água é a menor quantidade de água que pode existir. As moléculas são constituídas de partículas agrupadas formadas por átomos. **Prótons, Nêutrons e Elétrons.**

### Equilíbrio de Cargas Elétricas

A estrutura do átomo consiste em um núcleo central, formado por dois tipos de partículas simples e indivisíveis: os prótons e os nêutrons. Os prótons têm carga elétrica positiva, e os nêutrons não têm carga. Em volta desse núcleo, gira um número variável de partículas de carga elétrica negativa (os elétrons).



Em condições normais, o número de elétrons em torno de um núcleo é sempre igual ao número de prótons desse núcleo, havendo, portanto, *equilíbrio de cargas elétricas*.

É possível, porém, retirar ou acrescentar elétrons aos átomos de um corpo. Quando isso acontece, passa a existir uma diferença de cargas elétricas no átomo. Dizemos, então, que o átomo está **eletrizado** ou **ionizado**.

Quando um átomo perde ou recebe elétrons, transforma-se num íon. Se ficar com falta de elétrons, será um íon positivo ou cátion. Se ficar com excesso de elétrons, será um **íon negativo** ou **ânion**.

Para esclarecermos, vejamos os seguintes exemplos:

- Um átomo de ferro tem 26 prótons e 26 elétrons. Se perder 3 elétrons, ficará com 26 prótons (carga positiva) e 23 elétrons (carga negativa) - será um **íon positivo** ou **cátion**.
- Se o átomo de ferro original receber 3 elétrons, ficará com 26 prótons (carga positiva) e 29 elétrons (carga negativa) - será um **íon negativo** ou **ânion**.

Há vários processos para desequilibrar as cargas elétricas dos átomos de um corpo, criando uma diferença de potencial cuja tensão elétrica será tanto maior quanto maior for a diferença das cargas.

## Medida da Tensão Elétrica

Vimos que, sempre que se modifica a estrutura dos átomos de um corpo, este fica eletrizado. Se tivermos dois corpos com cargas elétricas diferentes, haverá entre eles uma diferença de potencial (d.d.p.) elétrico, da mesma forma que houve uma diferença de potencial hidráulico no caso das vasilhas.

É importante, em todos os campos de aplicação da eletricidade, sabermos o valor da tensão da d.d.p. Para isso, existe **unidade de medida**, que é o **volt**, e um instrumento para medi-la, que é o voltímetro.

## Corrente Elétrica

Para se ter uma ideia exata da grandeza (**intensidade**) de uma corrente elétrica, tornou-se necessário estabelecer uma unidade-padrão. Falar em elétrons que passam por segundo em um condutor é impraticável, pois os números envolvidos nos problemas seriam enormes. A

fim de se eliminar esse inconveniente, fez-se uso de uma unidade de carga elétrica – o **Coulomb (C)** – que corresponde a  $6,28 \times 10^{18}$  elétrons.

A unidade de corrente elétrica é medida em **ampère** e corresponde à quantidade de **Coulomb** que passa por segundo em um condutor.

Uma intensidade de **1 Coulomb por segundo** equivale a **1 ampère**.

O instrumento que mede a intensidade de corrente é o **amperímetro**.

Como sabemos, os prótons têm carga elétrica positiva, e os elétrons, cargas negativas. Se o átomo perde elétrons, ficará com carga positiva. Se o átomo recebe elétrons, ficará com carga negativa. Se considerarmos as condições de carga dos átomos, ou seja, um átomo com mais elétrons e outro com menos elétrons, se houver ligações entre eles, o átomo que possui mais elétrons cederá elétrons para o que possui menos elétrons. Logo, o sentido da corrente elétrica é da carga negativa (-) para a carga positiva (+).

Entretanto, antes de ter alcançado esses conhecimentos sobre os átomos, o homem já fazia uso da eletricidade e, por uma questão de interpretação, admitiu que o sentido da corrente elétrica fosse do positivo (+) para o negativo (-).

Obs.: Sempre que considerarmos o sentido da corrente como sentido igual ao dos elétrons, diremos **sentido eletrônico**; no caso oposto, **sentido convencional** ou **clássico**. ■

---

# 2 Grandezas Elétricas Fundamentais

## Corrente Elétrica

Para se ter uma ideia exata da grandeza (**intensidade**) de uma corrente elétrica, tornou-se necessário estabelecer uma unidade-padrão.

Falar em elétrons que passam por segundo em um condutor é impraticável, pois os números envolvidos nos problemas seriam enormes. A fim de se eliminar esse inconveniente, fez-se uso de uma unidade de

carga elétrica – o **Coulomb (C)** – que corresponde a  $6,28 \times 10^{18}$  elétrons.

A unidade de corrente elétrica é medida em **ampère** e corresponde à quantidade de **Coulomb** que passa por segundo em um condutor.

Uma intensidade de **1 Coulomb por segundo** equivale a **1 ampère**.

O instrumento que mede a intensidade de corrente é o **amperímetro**.

Como sabemos, os prótons têm carga elétrica positiva, e os elétrons, cargas negativas. Se o átomo perde elétrons, ficará com carga positiva. Se o átomo recebe elétrons, ficará com carga negativa. Se considerarmos as condições de carga dos átomos, ou seja, um átomo com mais elétrons e outro com menos elétrons, se houver ligações entre eles, o átomo que possui mais elétrons cederá elétrons para o que possui menos elétrons. Logo, o sentido da corrente elétrica é da carga negativa (-) para a carga positiva (+).

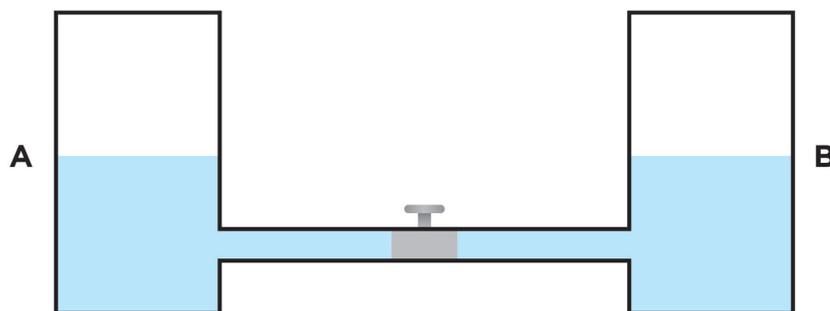
Entretanto, antes de ter alcançado esses conhecimentos sobre os átomos, o homem já fazia uso da eletricidade e, por uma questão de interpretação, admitiu que o sentido da corrente elétrica fosse do positivo (+) para o negativo (-).

Obs.: Sempre que considerarmos o sentido da corrente como sentido igual ao dos elétrons, diremos **sentido eletrônico**; no caso oposto, **sentido convencional** ou **clássico**.

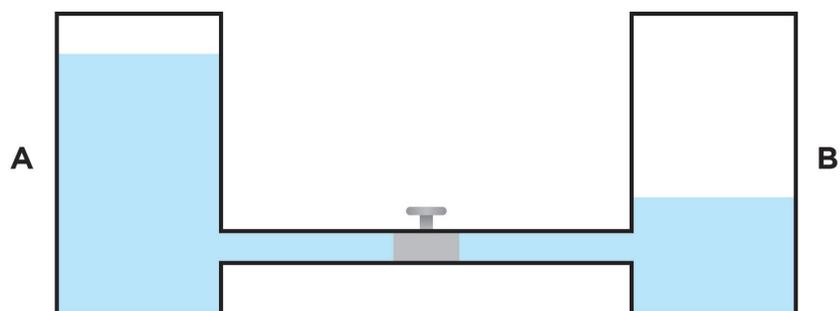
## Tensão Elétrica

Sempre que existir uma diferença de potencial, ocorrerá uma tensão tendendo a restabelecer o equilíbrio. Podemos demonstrar isso facilmente, por meio de duas vasilhas com água, ligadas por um tubo com um registro.

Na figura abaixo, a água das duas vasilhas estão no mesmo nível, não havendo diferença de potencial entre as mesmas. Se abirmos o registro, não haverá fluxo de água de uma para a outra.



Nesta figura, o nível da água na vasilha **A** é superior ao da vasilha **B**, havendo uma diferença de potencial entre as mesmas. Se abrirmos o registro, haverá fluxo de água de **A** para **B**, até que a água fique no mesmo nível nas duas vasilhas.



Verifica-se, então, que a diferença de potencial hidráulico (da água) provocou uma tensão hidráulica. (Fazendo uma analogia com a elétrica, seria a tensão elétrica “E”).

Essa diferença de potencial hidráulico, provoca uma circulação de água na tubulação (correnteza). (Fazendo uma analogia com a elétrica, seria a corrente elétrica “I”)

**Circuito série** é aquele cujos componentes estão ligados de tal modo que permitem um só caminho à passagem da corrente elétrica.

Conjunto de três lâmpadas formando um **circuito série**.



$$6V + 3V + 9V = 18V$$

A tensão total de um circuito série é igual à soma das tensões dos seus componentes.

$$E = e_1 + e_2 + e_3 \text{ etc.}$$

Devemos considerar que, havendo um só caminho para a passagem da corrente elétrica, todos os elementos são atravessados pela mesma intensidade de corrente.

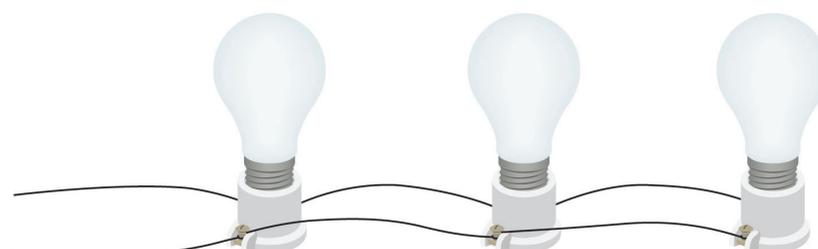
$$I = i_1 = i_2 = i_3 \text{ etc.}$$

Em virtude da composição do **circuito série**, é importante notar que:

- no circuito série, as cargas (receptores) funcionam simultaneamente;
- a falta ou interrupção de uma carga (receptor) não permite o funcionamento das demais;
- a corrente de funcionamento das cargas (receptores) devem ser iguais;
- o valor da tensão de funcionamento das cargas (receptores) podem ser diferentes.

**Circuito paralelo** é aquele em que os receptores estão ligados diretamente aos condutores da fonte. Dessa maneira, o circuito paralelo permite vários caminhos para a passagem da corrente, sendo cada carga (receptor) um caminho independente para a passagem da corrente elétrica.

Exemplo de circuito paralelo formado com três lâmpadas.



$$2A + 4A + 3A = 9A$$

A intensidade total de corrente no circuito é a soma das intensidades de corrente das cargas (receptores).

$$I = i_1 + i_2 + i_3 \text{ etc.}$$

A tensão elétrica é igual nos bornes de todas as cargas (receptor) no circuito paralelo.

$$E = e_1 = e_2 = e_3 \text{ etc.}$$

Devido a composição do **circuito paralelo**, é importante notar que:

- as tensões das cargas (receptores) devem ser iguais;
- as intensidades de corrente nas cargas (receptores) podem ser diferentes;
- cada carga (receptor) pode funcionar independentemente dos demais.

**Circuito misto** é a combinação das ligações série e paralelo em um mesmo circuito. As características do circuito misto são uma combinação das dos circuitos série e paralelo.

## Condutores, Resistores e Isolantes

Todos os materiais oferecem uma certa oposição à passagem da corrente elétrica; no entanto, dependendo da substância do material, essa oposição é maior ou menor, sendo que alguns materiais praticamente não permitem a passagem da corrente elétrica.

Os materiais que oferecem pouca oposição à passagem de corrente elétrica são chamados de **condutores**. Os que oferecem mais oposição são chamados de **resistores**. Os que praticamente não permitem a passagem da corrente elétrica são chamados de **isolantes**.

Como exemplos de **condutores**, temos o **ouro**, a **prata**, o **cobre**, o **alumínio**, etc. Como exemplos de **isolantes**, temos o **vidro**, a **borracha**, a **porcelana**, etc. Como exemplos de **resistores**, temos a **grafite**, o **níquel-cromo**, etc. ■

# 3

## Resistência Elétrica

Oposição que os materiais oferecem à passagem da corrente elétrica chamados de **resistência elétrica (R)**. A resistência elétrica é de grande importância na solução de problemas de eletricidade.

A unidade de medida da resistência elétrica é o **ohm (W)** (Ômega).

A resistência elétrica é medida no instrumento chamado **ohmímetro**.

O inverso da resistência é a condutância, que tem como unidade o mho (u).

$$R = \frac{1}{C} \quad C = \frac{1}{R}$$

## Resistência Específica ou Resistividade

A resistência oferecida à passagem da corrente elétrica depende de vários fatores. Mas, se tivermos dois condutores de igual seção transversal e comprimentos diferentes, as resistências serão diferentes.

$$AL = 5 \text{ m}$$

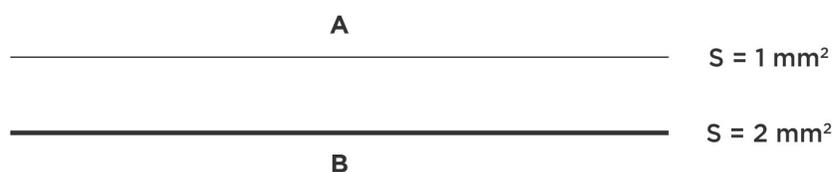

---

---


$$BL = 10 \text{ m}$$

O condutor **B**, tendo o dobro do comprimento do condutor **A**, tem o dobro da resistência elétrica do condutor **A**; logo, a resistência aumenta com o comprimento do condutor.

Se tivermos dois condutores com comprimentos iguais e seções transversais diferentes, as resistências serão diferentes.



Comparando os dois condutores A e B, de mesmo comprimento, aquele que apresentar maior seção transversal é o que tem menor resistência elétrica.

Para podermos avaliar a influência que os materiais, conforme as constituições de seus corpos, exercem sobre as suas resistências elétricas, tomamos amostras dos mesmos com determinadas dimensões e na mesma temperatura.

Esses valores são conhecidos como **resistência específica** ou **resistividade** dos materiais a que se referem, a qual é representada pela letra grega **r** (**rô**).

$$R = \frac{\rho \times L}{S}$$

**R** – resistência elétrica do condutor;

**L** – comprimento do condutor;

**S** – área da seção transversal;

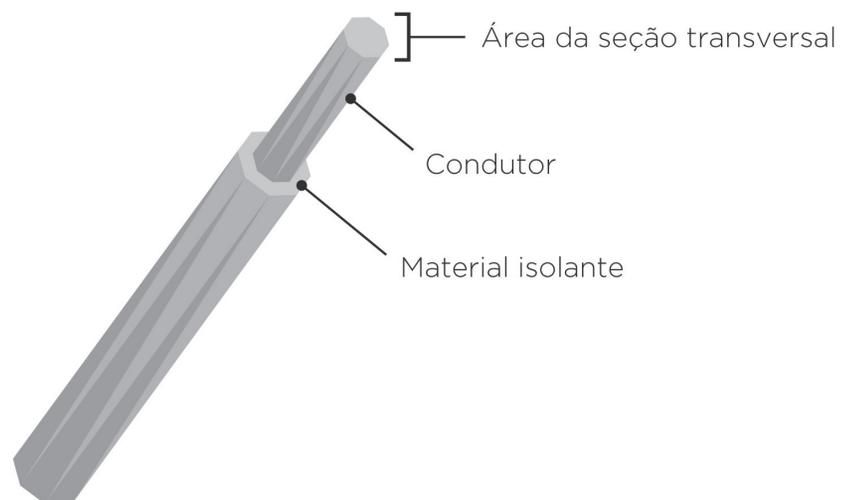
**r** - resistividade do material de que é feito o condutor.

A resistividade pode ser determinada em várias dimensões. A dimensão mais usada é o ohm por metro de comprimento e 1 milímetro quadrado de seção transversal.

A seguir, é dada uma tabela da resistividade de alguns materiais a 20°C, considerando as dimensões do parágrafo anterior.

MATERIAL	RESISTIVIDADE
Prata	0,016
Cobre	0,017
Alumínio	0,030
Tungstênio	0,050
Zinco	0,060
Chumbo	0,220
Niquelina	0,420
Níquel-cromo	1,000

Obs.: Seção transversal de um condutor é a área da seção reta do condutor cortado transversalmente, que é dada em  $\text{mm}^2$ , por ser uma unidade de superfície.



## Resistência Equivalente ( $R_{eq}$ )

Quando existem vários resistores num circuito, é importante determinar a **resistência equivalente** do conjunto.

Para maior clareza, a maioria dos problemas de cálculos da **Resistência Equivalente** são acompanhados de um desenho chamado “esquema”, onde os resistores são representados por uma das figuras abaixo.



Para se determinar a Resistência Equivalente de um conjunto de resistores, é necessário saber o modo como eles estão ligados entre si. Os resistores podem ser ligados em **série** ou em **paralelo**.

Quando circuitos série e em paralelo estão interligados, são chamados **mistos** ou em **série-paralelo**.

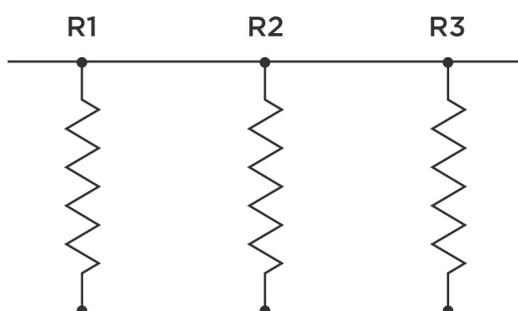
Esquema de ligação de um conjunto de resistores ligados em série.



Como sabemos, a resistência aumenta com o comprimento ( $L$ ). Podemos ver que, quando ligamos um conjunto em série, estamos somando os comprimentos dos resistores. Deduzimos, então, que a resistência equivalente ( $R_{eq}$ ) do conjunto será a soma das resistências dos resistores ( $R$ ).

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Esquema de um conjunto de resistores ligados em paralelo.



Como sabemos, a resistência diminui quando a seção ( $\text{mm}^2$ ) aumenta. Podemos notar que, quando ligamos um conjunto em paralelo, estamos somando as seções dos resistores do conjunto.

Deduzimos, então, que a resistência equivalente do conjunto será sempre menor que a resistência do menor resistor do conjunto.

Para determinarmos a resistência equivalente de um conjunto em paralelo, podemos usar as seguintes equações:

**R** - Resistência de um dos resistores

**Rn** - quantidade de resistores do conjunto

$$R_{eq} = \frac{R}{Rn}$$

Quando os resistores forem de igual valor

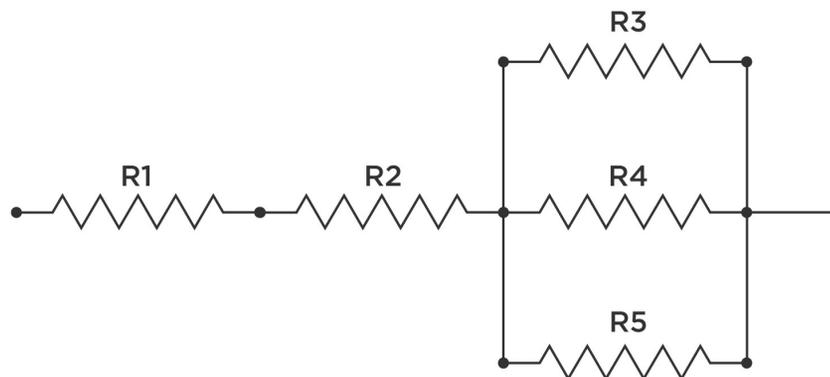
$$R_{eq} = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2}$$

Quando o conjunto for de dois resistores

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \dots + \frac{1}{Rn}}$$

Para qualquer número de resistores no conjunto

## Conjunto misto



Para determinarmos a resistência equivalente do conjunto misto, calculamos primeiro a resistência equivalente dos resistores ligados em paralelo e depois somamos o resultado com os resistores ligados em série. ■

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R3} + \frac{1}{R4} + \frac{1}{R5}} + R1 + R2$$

## Lei de OHM

# 4

A relação entre a tensão (**E**), a intensidade de corrente (**I**) e a resistência elétrica (**R**) foi determinada por **George Simon Ohm**, cientista alemão, ficando em sua homenagem, conhecida como **lei de ohm**, que pode ser enunciada da seguinte forma:

**A intensidade da corrente elétrica é diretamente proporcional à tensão e inversamente proporcional à resistência do circuito.**

Essa lei corresponde à seguinte equação:

$$I = \frac{E}{R}$$

Dessa equação, podemos deduzir:

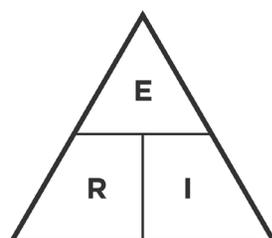
$$E = R \times I$$

(tensão elétrica)

$$I = \frac{E}{R}$$

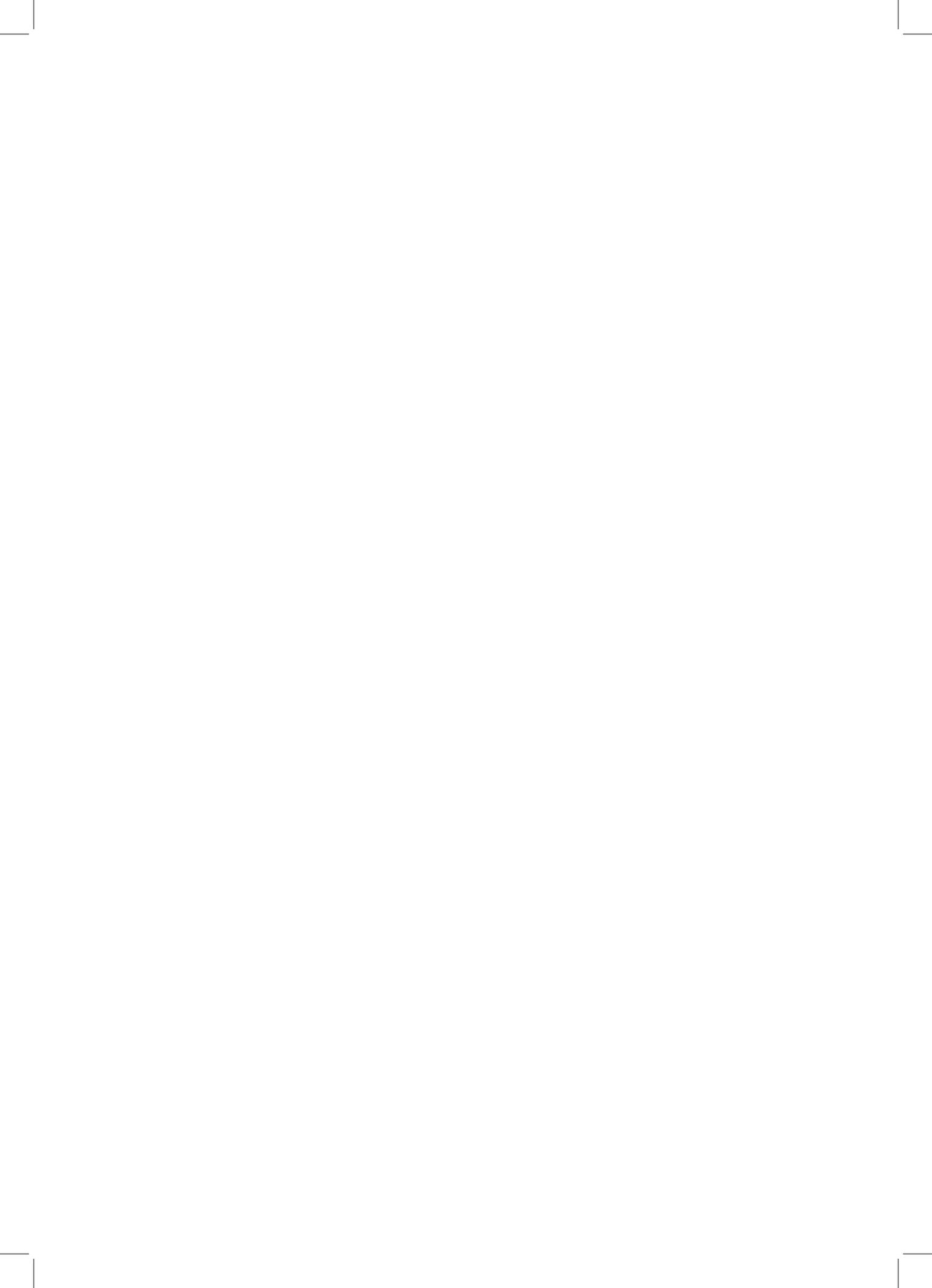
(corrente elétrica)

Para facilitar a interpretação dessas equações, utiliza-se um triângulo e procede-se do seguinte modo:



Para obtermos a equação desejada, procedemos da seguinte forma:

- cobrir a letra que representa a unidade desejada;
- usar a equação que se apresentar. ■



unidade

2

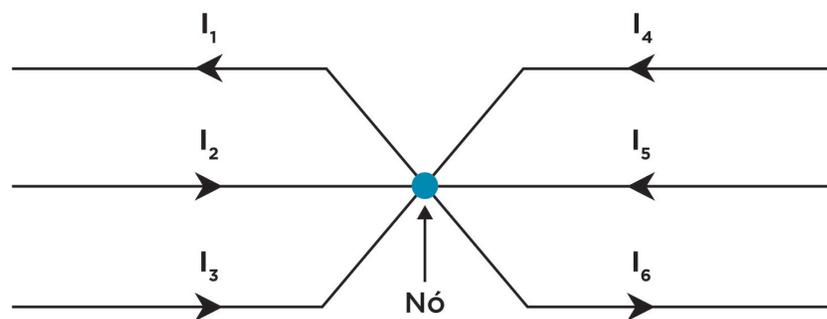
Características  
básicas de um  
circuito elétrico

## 1

## Lei de Kirchhoff

**1ª Lei** → A soma das correntes que chegam a um nó do circuito é igual à soma das correntes que saem desse nó.

Um nó, em eletricidade, representa uma derivação, um outro caminho que a corrente elétrica pode percorrer, dividindo-se. ■

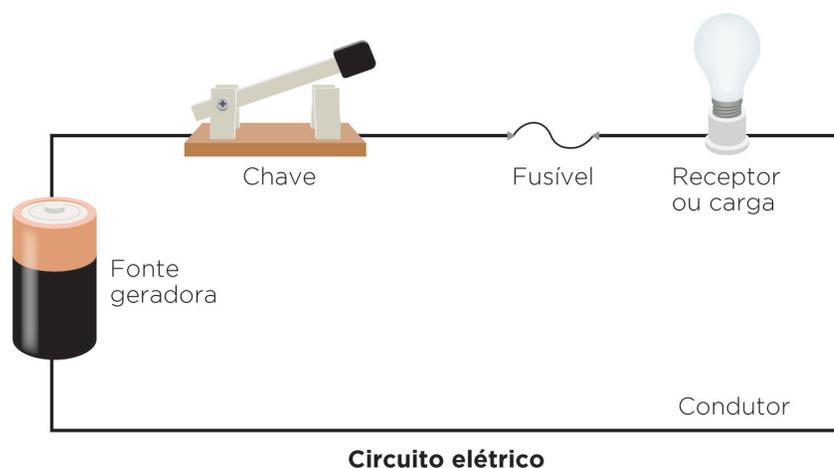


$$I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = I_1 + I_6$$

## 2

## Circuito Elétrico

É o caminho percorrido pela corrente elétrica. No circuito elétrico, é importante determinar a função de cada componente, para que se possa entender o seu funcionamento.



**Fonte Geradora** – é o componente onde a energia elétrica é gerada.

Exs.: baterias, dínamos, e outros.

**Condutores** – são os componentes que conduzem a corrente elétrica da fonte geradora para os receptores.

Exs.: fios de cobre, alumínio, etc.

**Receptores** – são os componentes que utilizam a corrente elétrica para produzir luz, força, aquecimento, etc.

**Chave ou Interruptor** - é o componente que abre e fecha o circuito.

**Funcionamento do Circuito Elétrico**

**Fusível ou Disjuntor** – é o componente de proteção do circuito.

Quando a chave está fechada, a corrente elétrica circula da fonte geradora para o receptor, retornando à fonte. Esse processo permanece, até que o circuito seja aberto ou a fonte pare de gerar. ■

## Potência Elétrica

# 3

Qualquer aparelho elétrico é caracterizado pela sua **potência**, a qual é indicada pela tensão em seus bornes e pela intensidade da **corrente** que por eles passa.

**Potência Elétrica** é a energia elétrica consumida ou produzida por segundo.

A potência elétrica tem como unidade o **watt**, que é representado pela letra **W**.

A potência elétrica, quando o circuito elétrico é de corrente contínua ou a carga é meramente resistiva, é calculada pela seguinte equação:

$$P = E \times I$$

Por dedução, chegamos a:

$$I = \frac{P}{E} \quad E = \frac{P}{I}$$

E como  $E = R \times I$   $P = I \times R \times I$  ou  $P = I^2 \times R$

E como  $I = \frac{E}{R}$   $P = \frac{E}{R} \times E$  ou  $P = \frac{E^2}{R}$

E desde que  $P = I^2 \times R$   $R = \frac{P}{I^2}$  também,  $I^2 = \frac{P}{R}$  e  $I = \sqrt{\frac{P}{R}}$

E desde que  $P = \frac{E^2}{R}$   $R = \frac{E^2}{P}$  e  $E = \sqrt{P \times R}$

Quando a rede elétrica é de corrente alternada e a carga não é meramente resistiva, como, por exemplo, nos motores elétricos, a potência elétrica se dá através das fórmulas seguintes:

Para circuitos monofásicos:

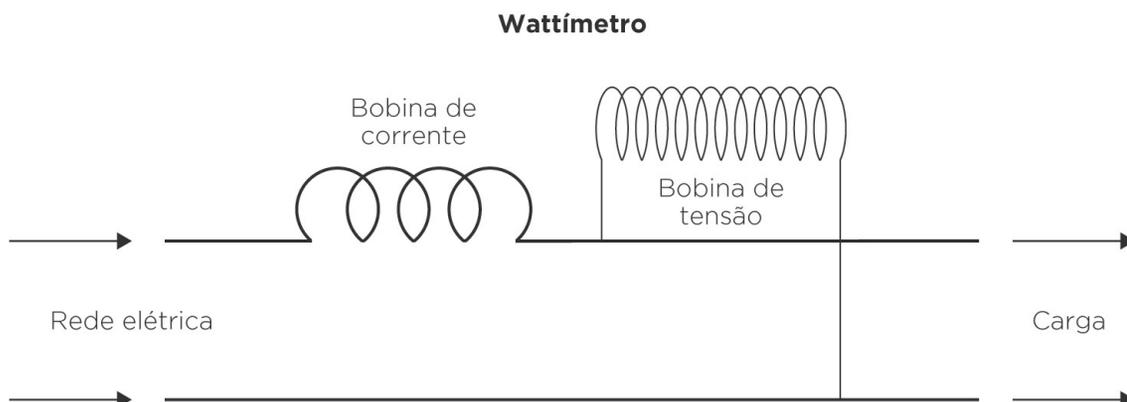
$$P = E \times I \times \cos \phi$$

Para circuitos trifásicos:

$$P = \sqrt{3} \times E \times I \times \cos \phi$$

O instrumento empregado nas medidas de potência elétrica é o **wattímetro**, que mede, ao mesmo tempo, a tensão e a corrente, indicando o produto desses dois fatores. Por esse motivo, o wattímetro deve ser

simultaneamente ligado em paralelo (a parte que mede a tensão) e em série (a parte que mede a corrente). ■



## Energia Elétrica

# 4

Energia é a capacidade de um corpo ou sistemas de corpos de realizar trabalho.

A energia apresenta-se sob as mais variadas formas. Assim, podemos ter a energia elétrica, a energia mecânica, a energia térmica.

Essas formas de energia podem ser transformadas, entre si, em aparelhos especiais.

Por exemplo:

**Motor Elétrico** – transforma a energia elétrica em energia mecânica.

**Estufa** – transforma a energia elétrica em energia térmica.

**Lâmpada** – transforma a energia elétrica em luz.

Dois aparelhos semelhantes, de **potências diferentes**, podem consumir a mesma energia, isto é, realizar o mesmo trabalho, porém o mais potente o faz em menos tempo.

Portanto, a potência de um aparelho é a energia por ele consumida na unidade de tempo, ou seja:

$$P = \frac{T}{t}$$

onde: P – potência do aparelho (w)

T – energia (ws)

t – tempo (s)

Para determinarmos a energia, realizamos uma simples transformação de termos na expressão acima e obtemos:

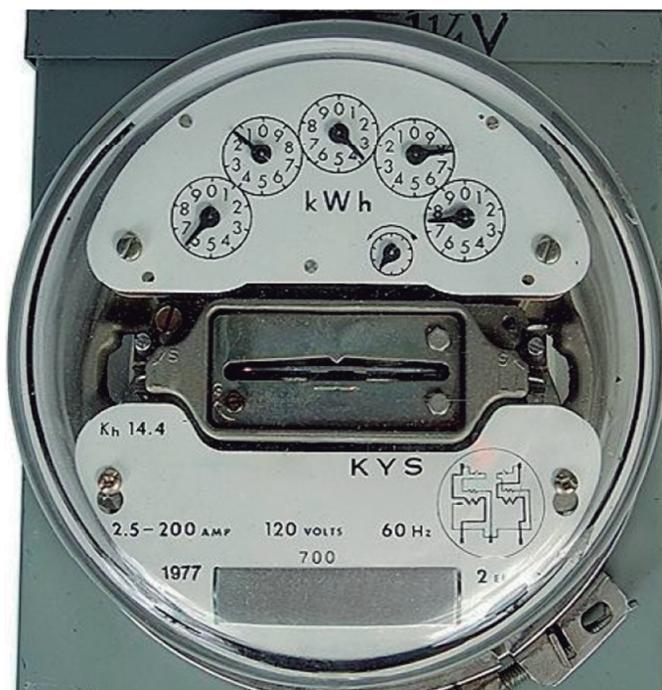
$$T = P \times t$$

Como vimos, a energia pode ser medida, isto é, origina uma grandeza.

A potência elétrica é medida em **watts**, e o tempo, em **segundos**; portanto, a unidade de medida da energia elétrica é o **watt-segundo** (ws).

Lembre-se: nas nossas casas, o consumo de energia elétrica é feito através do medidor de energia elétrica (“relógio”) que fica localizado na entrada da residência, só que a leitura é feita em kwh (quilowatt hora), que nada mais é que um múltiplo da unidade, para que os números envolvidos não fiquem muito grandes.

Não se preocupe; veremos esse assunto de múltiplos e submúltiplos das unidades elétricas mais adiante, nas próximas aulas. ■





unidade

3

Noções de  
geração e pa-  
drão de entrada

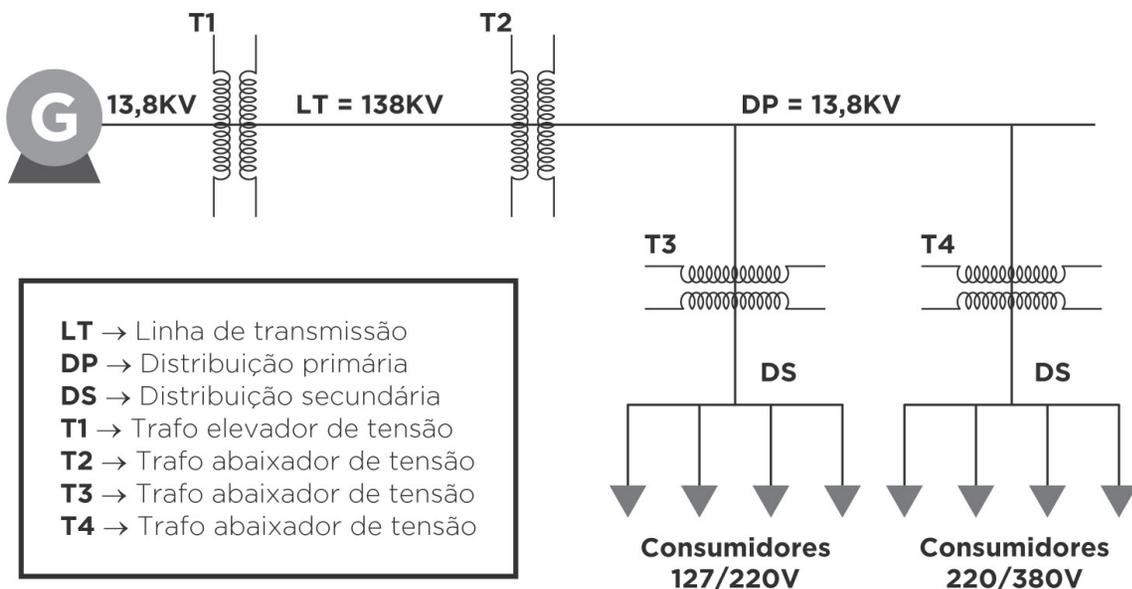
# 1

## Noções de Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica

### Geração

A geração industrial de energia elétrica pode ser realizada por meio do uso da energia potencial da água (geração hidráulica) ou utilizando a energia potencial dos combustíveis.

No Brasil, cerca de 70% da energia gerada é através de hidroelétricas.



### Transmissão

A transmissão significa o transporte da energia elétrica gerada nas usinas até os centros consumidores.

A distribuição é a parte do sistema elétrico já dentro dos centros consumidores. A distribuição começa na subestação abaixadora, onde a tensão da linha de transmissão chega e é abaixada.

## Distribuição

Dessas subestações, partem as redes de distribuição primária, também chamadas de distribuição urbana.

A parte final de um sistema elétrico é a distribuição secundária.

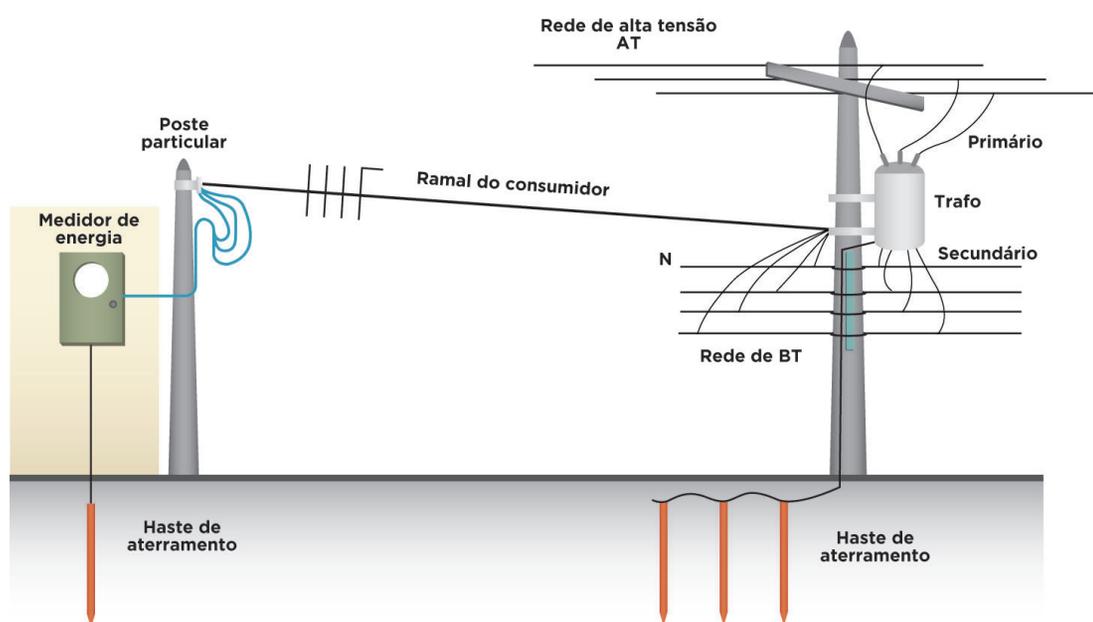
No Brasil, há cidades onde a tensão entre **fase** e **neutro** é de 127V, e outras, de 220V.

As redes de distribuição dentro dos centros urbanos podem ser aéreas ou subterrâneas.

A entrada de energia dos consumidores finais é denominada de **Ramal de Entrada**.

As redes de distribuição primária e secundária normalmente são trifásicas e as ligações dos consumidores podem ser monofásica, bifásica ou trifásica, de acordo com a sua carga.

O fornecimento de energia elétrica em baixa tensão na **área de concessão da Light** é feito em **corrente alternada**, na **frequência de 60Hz**, na **tensão nominal de 127/220V**.



## Trafo

Trafo é a forma simplificada de se chamar o transformador, que é o equipamento para transformar os níveis de tensões elétricas, diminuindo ou elevando as mesmas.

Normalmente, no lado de **AT** do Trafo, há **muitas espiras** de fio **fino**, enquanto no lado de **BT**, há **poucas espiras** de fio **grosso** (característica de um TRAFIO abaixador de tensão).

O produto da tensão pela corrente no lado de AT deve ser aproximadamente igual ao produto da tensão pela corrente no lado de BT. Dizemos aproximadamente devido a algumas perdas no Trafo.

Assim, temos:  $E_p \times I_p = E_s \times I_s$

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

Onde podemos concluir que:

$E_p$  → tensão do lado do primário

$E_s$  → tensão do lado secundário

$I_p$  → corrente do lado primário

$I_s$  → corrente do lado secundário

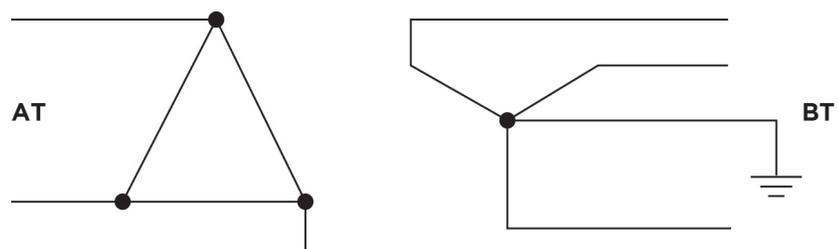
$N_p$  → nº de espiras do lado primário

$N_s$  → nº de espiras do lado secundário

Exemplo:  $E_p=13.800V$ ;  $I_p=1,25$ ;  $I_s=?$

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad \frac{13800}{220} = \frac{I_s}{1,25} \quad 220/I_s = 13800 \times 1,25 \quad I_s = \frac{13800 \times 1,25}{220} \quad I_s = 78,4 A$$

Nos trafos trifásicos usados nas redes de distribuição, o lado primário (AT) é geralmente ligado em triângulo, e o lado secundário (BT), em estrela aterrado. ■



# Fator de Potência

## 2

### Conceitos básicos

Matematicamente, o fator de potência pode ser definido como a relação entre o componente ativo da potência e o valor total desta mesma potência, ou seja:

$$FP = \frac{P_{at}}{P_{ap}} \quad \frac{kW}{kVA}$$

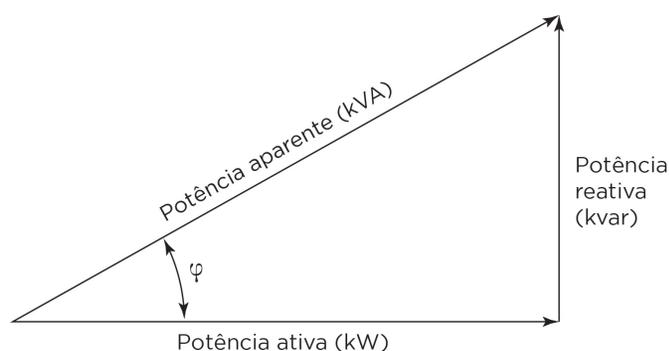
$F_p$  = fator de potência da carga;

$P_{at}$  = componente da potência ativa, em kW ou seus múltiplos e submúltiplos;

$P_{at}$  = potência aparente ou potência total da carga, em kVA ou seus múltiplos e submúltiplos.

O fator de potência, sendo a relação entre as duas quantidades representadas pela mesma unidade de potência, é um número adimensional. O fator de potência pode ser também definido como o cosseno do ângulo formado entre o componente da potência ativa e o seu componente total, quando a potência que flui no sistema é resultante de cargas lineares, ou seja:

$$FP = \cos \phi$$

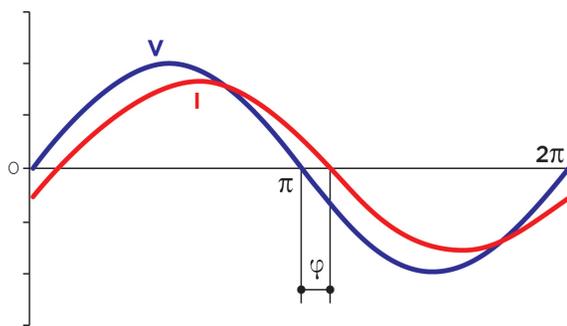


**Potência Aparente:** é a potência instantânea medida multiplicando a tensão pela corrente, medida em kVA (quilo Volt-Ampere).

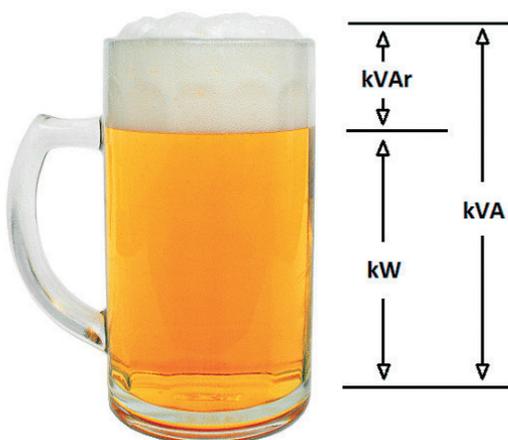
**Potência Ativa:** é aquela que é usada no equipamento para realizar trabalho, ou seja, é de fato utilizada na conversão de energia elétrica em mecânica, térmica,...etc. É medida em kW (quilowatts).

**Potência Reativa:** é utilizada na manutenção dos campos eletromagnéticos nas estruturas das cargas indutivas, como motores de indução. Sua unidade de medida é o kVAr (quilo Volt-Ampere Reativo).

Quando cargas indutivas são acionadas com alimentação por corrente alternada, ocorre um fenômeno de defasagem entre as ondas da tensão e da corrente, causando o surgimento da Potência Reativa. Esta defasagem é quantificada pelo chamado Fator de Potência (FP).



Uma analogia muito usada para compreender melhor essa relação é um copo de cerveja com colarinho. Pode-se dizer que a Potência Aparente é a altura inteira do copo. Essa é a potência que se mede com os medidores convencionais. A Potência Reativa é a espuma, ou seja, ocupa espaço no copo, mas não mata a sede; e a Potência Ativa é o líquido, que é o mais importante e mata a sede, como mostra a imagem a seguir:



Logo, de forma resumida, o Fator de Potência (FP) nada mais é que uma medida de quanto da potência elétrica consumida está de fato sendo convertido em trabalho útil.

Segundo a Legislação Brasileira, o Fator de Potência mínimo permitido para as contas de energia é de **0,92**. Abaixo deste valor, a concessionária deve cobrar multa na fatura de energia sobre o consumo de Potência Reativa, além dos 8% máximos permitidos.

A forma de compensar o baixo Fator de Potência é a instalação de bancos de capacitores em paralelo na entrada de energia ou no próprio equipamento com carga indutiva. Esses bancos introduzem na instalação uma carga capacitiva, que tem o efeito contrário da carga indutiva. Isso compensa o baixo Fator de Potência e ajusta o valor para mais próximo de 1, evitando as multas.

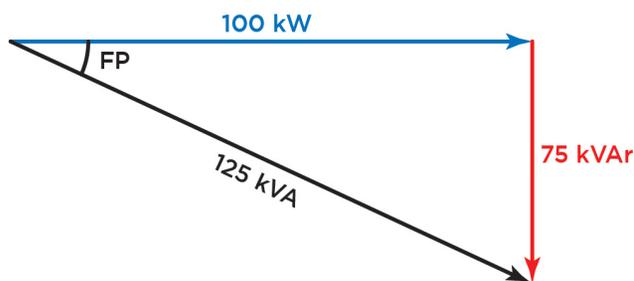


Um baixo fator de potência indica que a energia paga não está sendo plenamente utilizada. Por exemplo:

Com um fator de potência de 0,80, a máquina está aproveitando apenas 80% da energia fornecida pela concessionária. Isto quer dizer que, apenas 80% da corrente que entra na máquina está produzindo trabalho útil.

Para calcular a Potência Aparente (VA) de um equipamento de 100 W de potência ativa e um fator de potência (FP) de 0,8 (80%), devemos fazer a seguinte conta:

$$P_{VA} = \frac{P}{FP} \therefore P_{VA} = \frac{100}{0,8} \therefore P_{VA} = 125 \text{ VA}$$



## O Que Causa um Baixo Fator de Potência

Diversas são as causas para um baixo fator de potência. Os profissionais das indústrias devem estar atentos, fiscalizando constantemente tais itens, fazendo correções, quando necessárias.

- Motores trabalhando em vazio (sem carga);
- Motores superdimensionados para o trabalho que devem realizar;
- Fornos de indução ou arco;
- Reatores com baixos fatores de potência no sistema de iluminação;
- Máquinas de solda;
- Transformadores trabalhando em vazio ou com carga muito abaixo da máxima especificada;
- Tensão acima do valor nominal, causando um acréscimo de consumo de energia reativa;
- Máquinas de tratamento térmico;
- Entre outros.

## Conclusão

Fator de potência é coisa muito séria quando se trata de fornecimento de energia para qualquer tipo de consumidor, principalmente as indústrias.

Estar atento para que ele se mantenha dentro dos valores exigidos pela lei não é apenas uma preocupação que leva a menores contas de consumo de energia. Um fator de potência baixo pode causar muitos outros problemas, que tanto podem mexer com o bolso de quem é afetado, exigindo investimentos na instalação (cabos), como a sua correção, usando dispositivos apropriados. ■

# Tipos de fornecimento de energia elétrica

## 3

### Definições

As normas das concessionárias estabelecem, inicialmente, as terminologias e definições que permitem uma compreensão mais detalhada dos termos técnicos utilizados para o fornecimento de energia elétrica às instalações de consumidores por meio de redes aéreas, a fim de se tornarem conhecidas por todos aqueles que trabalham com instalações elétricas.

A seguir, são apresentados os principais termos técnicos utilizados em normas de fornecimento de energia

### Consumidor

É a pessoa física ou jurídica que solicita à concessionária o fornecimento de energia elétrica e assume a responsabilidade por todas as obrigações regulamentares e contratuais.

### Unidade Consumidora

Trata-se de instalações de um único consumidor, caracterizadas pela entrega de energia elétrica em um só ponto com medição individualizada.

### Agrupamento de Unidades Consumidoras

É o conjunto de duas ou mais unidades consumidoras localizadas em um mesmo terreno e que não possuem área de uso comum com instalação elétrica exclusiva.

### Edifício de Uso Coletivo

Prédio que possui como característica a existência de mais de uma unidade consumidora e que dispõe de área de uso comum com instalação elétrica exclusiva (responsabilidade do condomínio).

## **Ponto de Entrega**

Primeiro ponto de fixação dos condutores do ramal de ligação na propriedade do consumidor. É o ponto até o qual a concessionária se obriga a fornecer energia elétrica, com a participação nos investimentos necessários, responsabilizando-se pela execução dos serviços, pela operação e pela manutenção.

## **Entrada de Serviço**

Conjunto de condutores, equipamentos e acessórios instalados entre o ponto de derivação da rede secundária da concessionária e a medição, inclusive.

## **Ramal de Ligação**

Conjunto de condutores e acessórios instalados pela concessionária entre o ponto de derivação da rede secundária e o ponto de entrega.

## **Ramal de Entrada**

Conjunto de condutores, acessórios e equipamentos instalados pelo consumidor a partir do ponto de entrega até a medição, inclusive.

## **Ramal Alimentador**

Conjunto de condutores e acessórios instalados pelo consumidor, após a medição, para alimentação das instalações internas da unidade consumidora.

## **Limitador de Fornecimento**

Equipamento de proteção (disjuntor termomagnético) destinado a limitar a demanda da unidade consumidora.

## **Centro de Medição**

Local onde está situada a medição de dois ou mais consumidores.

## Caixa para Medidor

Caixa lacrável destinada à instalação do medidor ou medidores de energia e seus respectivos acessórios, na qual pode ter instalado também o equipamento de proteção.

## Caixa para Disjuntor de Proteção

Caixa lacrável destinada à instalação do disjuntor de proteção geral da entrada de serviço.

## Cabina

Compartimento localizado dentro da propriedade do consumidor, destinado a abrigar o transformador de distribuição e os equipamentos e acessórios necessários à sua ligação.

## Medição Direta

É a medição de energia, efetuada por medidores conectados diretamente aos condutores do ramal de entrada.

## Medição Indireta

É a medição de energia efetuada com auxílio de equipamentos auxiliares (**Te** - Transformadores de Corrente, e para média e alta tensão, **TP** - Transformador de Potencial).

## Chave de Aferição

É um dispositivo que possibilita a retirada do medidor do circuito sem interromper o fornecimento, ao mesmo tempo que coloca em curto-circuito o secundário dos transformadores de corrente.

## Demanda

É a média das potências elétricas instantâneas solicitadas por uma unidade consumidora durante um período especificado.

## Alimentador Principal ou Prumada

É a continuação ou desmembramento do **ponto de entrega e ponto de entrada**, do qual fazem parte os condutores, eletrodutos e acessórios, conectados a partir da proteção geral ou do quadro de distribuição principal (QDP) até as caixas de medição ou de derivação.

## Limite de Fornecimento

### Utilização e Demanda - Potência de Alimentação

O fornecimento de energia elétrica é determinado pelas limitações estabelecidas pelas concessionárias em função da potência (carga) instalada ou potência de demanda e tipo de carga ou de fornecimento.

A Norma **NBR 5410:2004**, item **4.2.1.1.1**, diz que “A determinação da potência de alimentação é essencial para a concepção econômica e segura de uma instalação, dentro de limites adequados de elevação de temperatura e de queda de tensão”. E o item **4.2.1.1.2** diz também que devem ser “consideradas as possibilidades de não-simultaneidade de funcionamento dos equipamentos, bem como a capacidade de reserva para futuras ampliações”.

## Especificação de Entradas de Energia

Especificar uma entrada de energia para um consumidor significa adequar uma categoria de atendimento (tipo de fornecimento) à respectiva carga desse consumidor.

Para facilitar o entendimento do que seja entrada de energia, necessitamos de alguns conhecimentos, que passaremos a especificar em seguida:

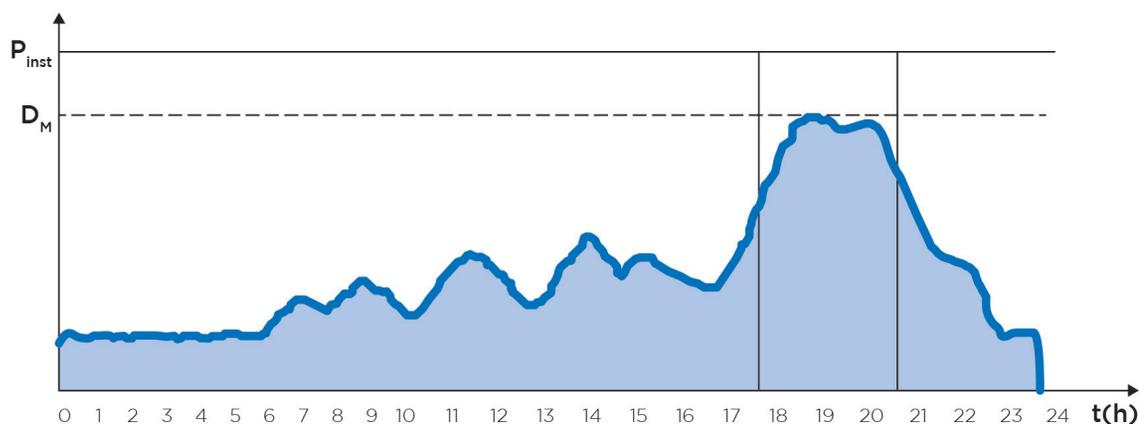
**1. Potência ou carga instalada:** é a soma das potências nominais de todos os aparelhos elétricos ligados em uma instalação do consumidor à rede de energia elétrica da concessionária (rede de distribuição). **Potência nominal** é aquela registrada na placa ou impressa no aparelho ou na máquina.

Exemplo:

Quantidade	Especificação das Cargas	Potência Nominal	Potência Total (W)
02	Chuveiros	5.450W	10.900
01	Torneira elétrica	4.400 W	4.400
01	Geladeira	1/8 CV	150
01	Ferro elétrico	1.200 W	1.200
01	Televisor	300W	300
01	Secador de cabelos	1.000 W	1.000
12	Lâmpadas incandescentes	100W	1.200
01	Aquecedor	1.200 W	1.200
<b>TOTAL</b>			<b>20.350</b>

**2. Demanda de utilização (provável demanda):** é a soma das potências nominais de todos os aparelhos elétricos que funcionam simultaneamente, utilizada para o dimensionamento dos condutores dos ramais alimentadores, dispositivos de proteção, categoria de atendimento ou tipo de fornecimento e demais características do consumidor.

Para o cálculo da demanda (D) na elaboração do projeto elétrico, deve-se observar o seguinte:



A **demanda (D)** de residências e apartamentos individuais é determinada com a utilização da seguinte expressão:

$$D = (P_1 \times g_1) + (P_2 \times g_2)$$

sendo:

D - Demanda individual da unidade consumidora, em **kVA**.

$P_1$  - Soma das potências ativas da iluminação e Tomadas de Uso Geral - TUG's, em watts (W).

$P_2$  - Soma das potências de Tomadas de Uso Específico - TUE's, em watts (W).

$g_1$  - Fator de demanda dado pela Tabela 1.

$g_2$  - Fator de demanda dado pela Tabela 2.

### 3. Fator de demanda

Para calcular a demanda (D), é necessário conhecer o fator de demanda ( $g_1$  e  $g_2$ ). As tabelas 1 e 2 fornecem esses valores.

Nota: Em alguns casos, os valores para os fatores de demanda são definidos pelas concessionárias de energia elétrica nos seus manuais, conforme o tipo de instalação por expectativa de utilização em função da(s) carga(s). Os fatores de demanda podem variar de 70 a 100.

Tabela 1: Fatores de demanda para iluminação e tomadas de uso geral - TUG's.

Linha	Potência (W)	$g_1$
01	0 a 1.000	0,86
02	1.001 a 2.000	0,75
03	2.001 a 3.000	0,66
04	3.001 a 4.000	0,59
05	4.001 a 5.000	0,52
06	5.001 a 6.000	0,45
07	6.001 a 7.000	0,40
08	7.001 a 8.000	0,35
09	8.001 a 9.000	0,31
10	9.001 a 10.000	0,27
11	Acima de 10.000	0,24

Tabela 2: Fatores de demanda para tomadas de uso específico - TUE's.

Número de Circuitos de TUE's	$g_2$	Número de Circuitos de TUE's	$g_2$
01	1,00	11	0,49
02	1,00	12	0,48
03	0,84	13	0,46
04	0,76	14	0,45
05	0,70	15	0,44
06	0,65	16	0,43
07	0,60	17	0,41
08	0,57	18-19-20	0,40
09	0,54	21-22-23	0,39
10	0,52	24 e 25	0,38

#### 4. Objetivos da especificação da entrada de energia

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

#### 5. Procedimento para a especificação da entrada de energia

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

- Determinar a carga instalada, conforme NBR 5410:2004.
- Verificar a demanda do consumidor, em kVA.
- Verificar o número de fases das cargas do consumidor.
- Verificar a potência dos motores, FN, 2F, 3F, em CV.
- Verificar a potência dos aparelhos de solda e raios X, em kVA.
- Enquadrar o consumidor na categoria adequada, consultando a Norma da Concessionária local (COPEL NTC 9-01100 - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição).

#### 6. Fator de potência

O fator de potência é um índice (porcentagem) que mostra a forma como a energia elétrica recebida está sendo utilizada, ou seja, ele indica quando a energia solicitada da rede da concessionária (potência aparente) está sendo usada de forma útil (potência ativa). O fator de potência pode se apresentar de duas formas:

CIRCUITOS PURAMENTE RESISTIVOS	CIRCUITOS INDUTIVOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- lâmpadas incandescentes</li> <li>- chuveiros</li> <li>- aquecedores, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- motores</li> <li>- transformadores</li> <li>- reatores, etc.</li> </ul>
$FP = \cos \phi = 1,0$	$FP = \cos \phi < 1, 0$

## Padrão de ligação de entradas individuais (Light)

TIPO DE PADRÃO DE ENTRADA – MEDIÇÃO DIRETA		
DEMANDA (kVA)	REDE AÉREA	REDE SUBTERRÂNEA
$D \leq 8,0$	Caixa <b>CM1</b> sobreposta em poste particular ou semi-embutida no muro ou na fachada, ou em recuo técnico, com <b>CDJ1</b> voltada preferencialmente para a parte interna da propriedade.	Caixa <b>CS1</b> e <b>CM1</b> semi-embutidas no muro ou na fachada, ou em recuo técnico, com <b>CDJ1</b> voltada preferencialmente para a parte interna da propriedade.
$8,0 < D \leq 23,2$	Caixa <b>CM3</b> sobreposta em poste particular ou semi-embutida no muro ou na fachada, ou em recuo técnico, com <b>CDJ3</b> voltada preferencialmente para a parte interna da propriedade.	Caixa <b>CS3</b> e <b>CM3</b> semi-embutidas no muro ou na fachada, ou em recuo técnico, com <b>CDJ3</b> voltada preferencialmente para a parte interna da propriedade.
$23,2 < D \leq 66,3$	Caixa <b>CM200</b> ou <b>CM200-P</b> sobreposta em poste particular ou semi-embutida no muro ou na fachada, ou em recuo técnico, com <b>CPG200</b> ou <b>CPG 200-P</b> voltada preferencialmente para a parte interna da propriedade.	Caixa <b>CSM200</b> semi-embutidas no muro ou na fachada, ou em recuo técnico, com <b>CPG200</b> voltada preferencialmente para a parte interna da propriedade.
TIPO DE PADRÃO DE ENTRADA – MEDIÇÃO INDIRETA		
DEMANDA (kVA)	REDE AÉREA	REDE SUBTERRÂNEA
$66,3 < D \leq 198,8$	Caixa <b>CSM600</b> em gabinete de alvenaria ou em recuo técnico no muro ou na fachada, com <b>CPG600</b> voltada preferencialmente para a parte interna da propriedade.  Opcionalmente poderá ser utilizada a caixa <b>CSMD600</b> ou <b>CSMD600-P</b> (ver item 14.1.2.2 e 14.1.2.3).	Caixa <b>CSM600</b> em gabinete de alvenaria ou em recuo técnico no muro ou na fachada, com <b>CPG600</b> voltada preferencialmente para a parte interna da propriedade.  Opcionalmente poderá ser utilizada a caixa <b>CSMD600</b> ou <b>CSMD600-P</b> (ver item 14.1.2.2 e 14.1.2.3).
$198,8 < D \leq 300$	Caixa <b>CSMD1500</b> em gabinete de alvenaria ou em recuo técnico no muro ou na fachada.	Caixa <b>CSMD1500</b> em gabinete de alvenaria ou em recuo técnico no muro ou na fachada.
$300 < D \leq 497,0$	<b>NÃO SE APLICA</b>	Caixa <b>CSMD1500</b> em gabinete de alvenaria ou em recuo técnico no muro ou na fachada.
$497,0 < D \leq 994$	<b>NÃO SE APLICA</b>	Caixa <b>CSMD3000</b> .

NOTA: Todas as características técnicas dos materiais e detalhamentos de montagens encontram-se, respectivamente, nas tabelas de dimensionamento e nos padrões de ligação contidos no RECON da Concessionária.

## Consumidor Individual

É o fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição, às unidades consumidoras (edificações urbanas, residenciais, comerciais ou industriais), cuja potência instalada seja igual ou inferior

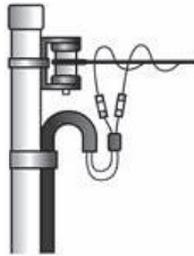


## Ligação em estrela

Tensão entre fase e neutro de 127 V e entre fase e fase de 220 V.

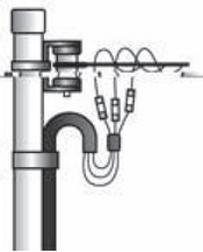
## Tipos de fornecimento de energia elétrica

### Monofásico



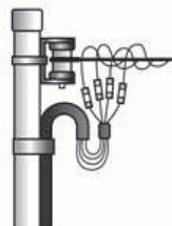
Feito a dois fios: uma fase e um neutro, com tensão de 110 V, 127 V ou 220 V. Normalmente, é utilizado nos casos em que a potência ativa total da instalação é inferior a 12 kW.

### Bifásico



Feito a três fios: duas fases e um neutro, com tensão de 110 ou 127 V entre fase e neutro e de 220 V entre fase e fase. Normalmente, é utilizado nos casos em que a potência ativa total da instalação é maior que 12 kW e inferior a 25 kW. É o mais utilizado em instalações residenciais.

### Trifásico

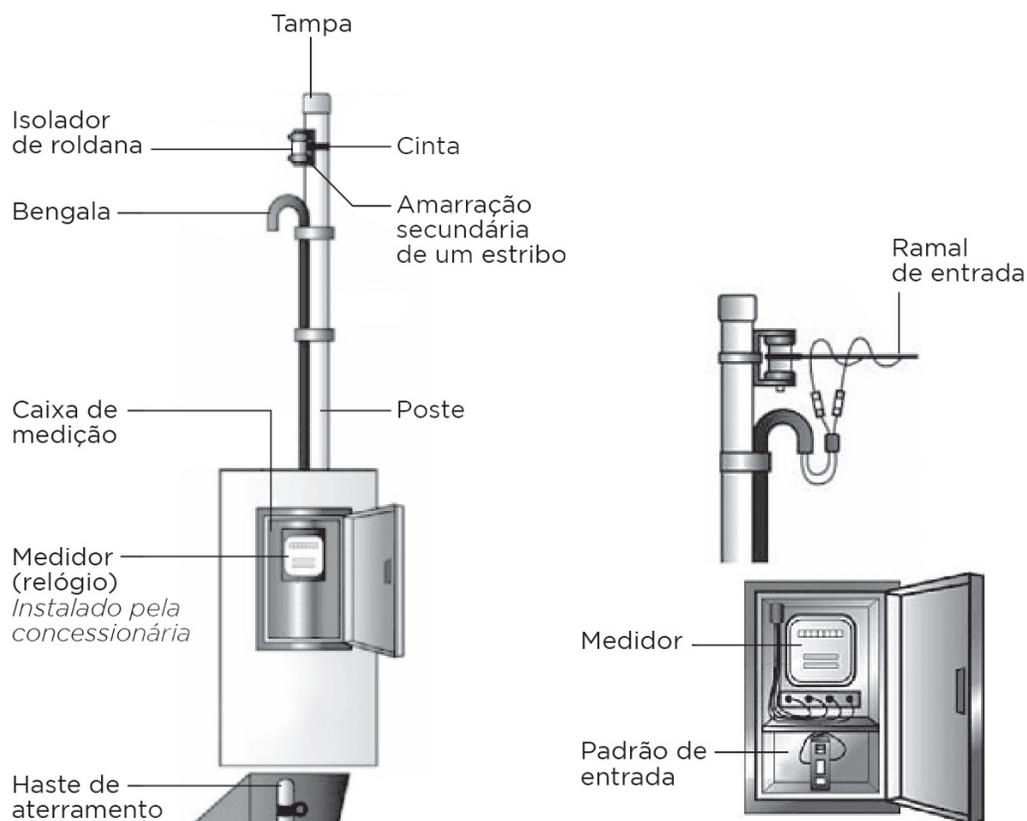


Feito a quatro fios: três fases e um neutro, com tensão de 110 ou 127V entre fase e neutro e de 220 V entre fase e fase. Normalmente, é utilizado nos casos em que a potência ativa total da instalação é maior que 25 kW e inferior a 75 kW, ou quando houver motores trifásicos ligados à instalação.

## Padrão de entrada

Uma vez determinado o tipo de fornecimento, pode-se determinar também o padrão de entrada, que vem a ser o poste com isolador, a roldana, a bengala, a caixa de medição e a haste de terra, que devem ser instalados de acordo com as especificações técnicas da concessionária para o tipo de fornecimento.

Com o padrão de entrada pronto e definido, de acordo com as normas técnicas, é dever da concessionária fazer uma inspeção. Se a instalação estiver correta, a concessionária instala e liga o medidor e o ramal de serviço.



As normas técnicas de instalação do padrão de entrada, assim como outras informações desse tipo, devem ser obtidas na agência local da companhia de eletricidade.

Com o padrão de entrada feito e o medidor e ramal de serviço ligados, a energia elétrica fornecida pela concessionária estará disponível e poderá ser utilizada. ■



unidade

4

# Conexões em instalações elétricas

# 1

## Emendas em prolongamento

### Introdução

Nas instalações elétricas em geral, as **conexões** são, na maioria das vezes, **inevitáveis**. A **conexão de condutores entre si** (emendas de condutores), quando executada de forma incorreta, pode trazer tanto problemas elétricos quanto mecânicos; por isso, **sempre que for possível, devemos evitá-la**.

Outro agravante na execução das conexões de condutores entre si é a perda em tomo de 20% da força e de 20% da capacidade de condução de corrente elétrica.

As conexões de condutores entre si e com outros componentes da instalação devem garantir a continuidade elétrica durável, adequada proteção e suportabilidade mecânica” (6.2.8.1).

A norma **NBR 5410:2004, item 6.2.8.2**, determina as condições que devem ser consideradas na seleção dos meios de conexão:

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

Para eliminar os problemas com as **conexões**, é necessário executá-las obedecendo a certos critérios que permitam a passagem da corrente elétrica sem perdas de energia (**perdas por efeito joule**) e evitando também problemas inerentes à elevada densidade de corrente.

## Conexões de Condutores entre si em Prolongamento

Essa operação consiste em unir condutores para prolongar linhas. A sua utilização é recomendada em instalações de linha aberta (**figura 1**).



figura 1

## Processo de Execução

### CASO 1 - Conexão em Linha Aberta ou Externa

1. Remova o isolante, aproximadamente 50 vezes o diâmetro (d) do condutor (**figura 2**).

2. Para remover o isolante, proceda conforme a **figura 3**.

3. Cruze as pontas, formando um ângulo de  $90^{\circ}$  a  $120^{\circ}$  aproximadamente (**figura 4**).



figura 2

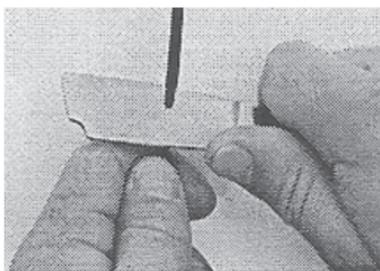


figura 3

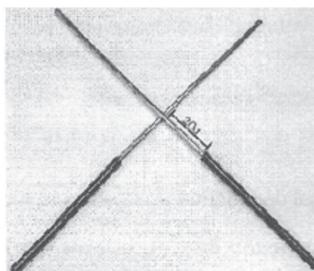


figura 4

### Notas:

1. Caso precise do canivete, use-o de forma inclinada para não danificar o condutor.
2. Com o alicate descascador, faça o ajuste necessário para não danificar o condutor.

Atenção: Cuidado para não se ferir com o canivete.

**Tabela 1:** Diâmetro nominal de condutores rígidos e flexíveis (d).

Seção Nominal (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro Nominal do Conductor Rígido d (mm)	Diâmetro Nominal do Conductor Flexível. d (mm)
0,5	0,78	0,87
0,75	0,95	1,05
1,0	1,11	1,25
1,5	1,36	1,50
2,5	1,74	1,95
4,0	2,20	2,50
6,0	2,70	3,05
10,0	3,50	4,00
16,0	4,41	5,70

4. Segure os condutores com o alicate e inicie as primeiras voltas com os dedos (**figura 5**).

5. Finalize a primeira parte da emenda com auxílio de outro alicate (**figura 6**).

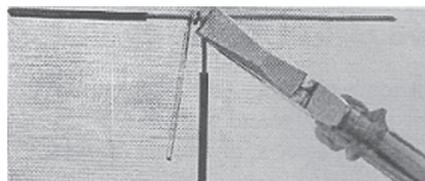


figura 5

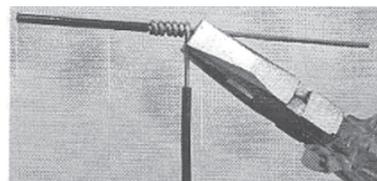


figura 6

6. Inicie a segunda parte da emenda, segurando a primeira parte com o alicate (**figura 7**).

7. Dê o aperto final com auxílio de dois alicates (**figura 8**).

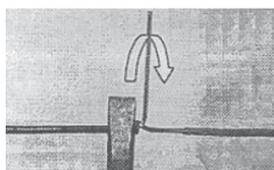


figura 7

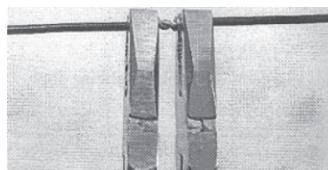


figura 8

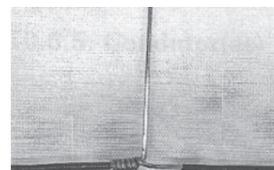


figura 9

O aspecto final pode ser visto na **figura 8-A**. ■

# Emenda em caixa de passagem

## 2

### CASO 2 - Conexão de Condutores em Prolongamento dentro de Caixas de Derivação ou de Passagem

#### A - Entre Condutores Rígidos

As figuras seguintes indicam a sequência de execução desse tipo de emenda.

1. Remova a isolação, aproximadamente 30 vezes o diâmetro (d) do condutor; em seguida, coloque-os um ao lado do outro (**figura 9**).
2. Cruze os condutores, segurando-os com um alicate, fazendo com que formem um ângulo de 90° a 120° aproximadamente (**figura 10**).
3. Continue segurando os condutores com auxílio de um alicate e inicie as primeiras voltas (espirais) com os dedos (**figura 11**).
4. Termine a emenda com auxílio de outro alicate (**figura 12**).
5. Aspecto final da emenda (**figuras 13 e 14**).



figura 9

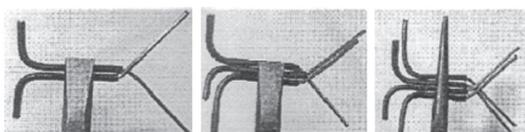


figura 10

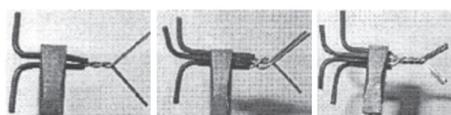


figura 11



figura 12

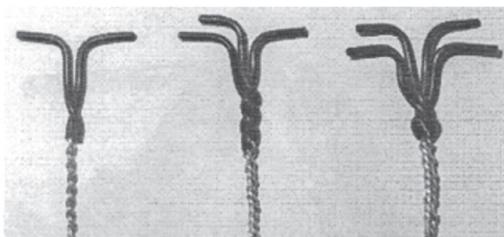


figura 13

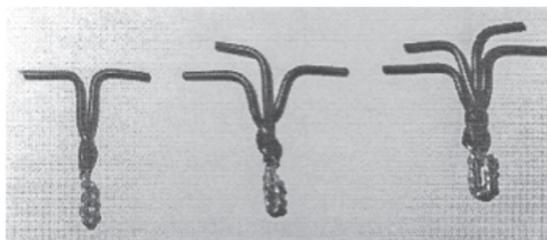


figura 14

### B - Entre Condutor Rígido e Flexível

As figuras seguintes indicam a sequência de execução desse tipo de emenda.

1. Remova a isolação de ambos os condutores, conforme a **figura 15**.
2. Cruze os condutores, fazendo com que formem um ângulo de  $90^\circ$  entre si, e que o condutor flexível fique afastado da isolação do condutor rígido (**figura 16**).

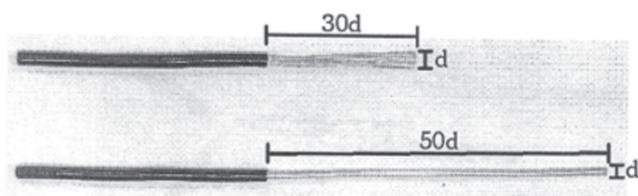


figura 15

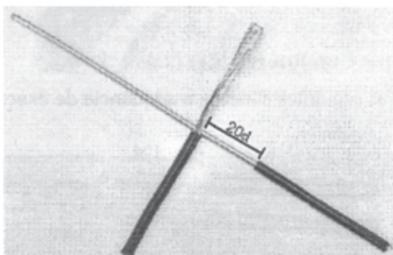


figura 16

3. Inicie a emenda pelo condutor flexível, fazendo as espiras até completá-las (**figura 17**).

4. Com auxílio de um alicate universal, dobre o condutor rígido sobre o flexível (**figura 18**).

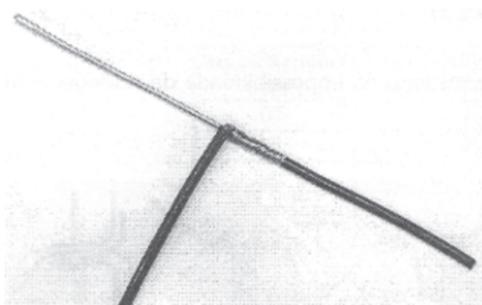


figura 17



figura 18

5. Dobre o condutor rígido, como mostra a **figura 19**.

6. Segure o condutor rígido pelo olhal com auxílio de um alicate de pressão, fazendo as espiras, conforme indicado na **figura 20**, até a conclusão da emenda.

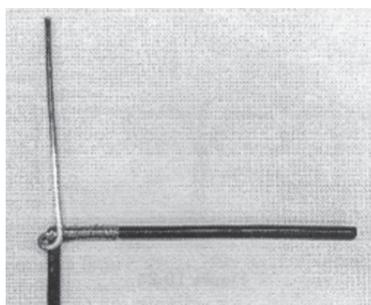


figura 19

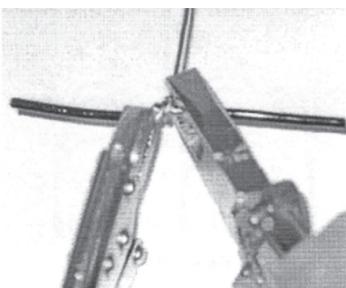


figura 20

7. Aspecto final da emenda (**figura 21**).

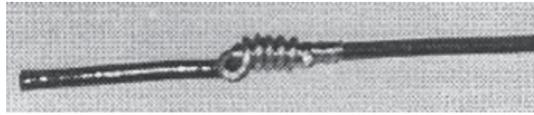


figura 21

c - Entre Condutores Flexíveis

As figuras seguintes indicam a sequência de execução desse tipo de emenda. ■

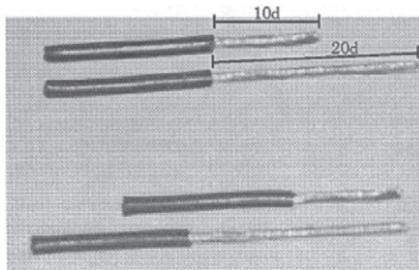


figura 22

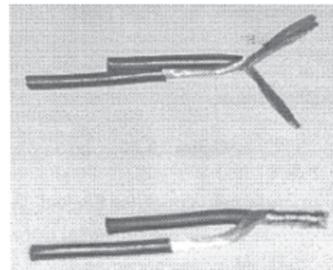


figura 23

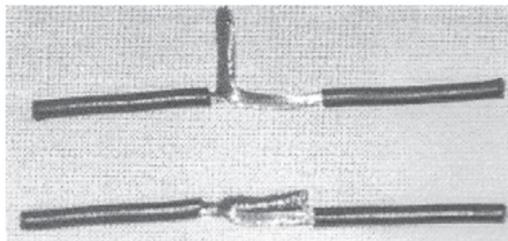


figura 24

# Emendas em derivação

## 3

### Conexões de Condutores em Derivação

Esse tipo de emenda tem como objetivo unir o extremo de um condutor (ramal) numa região intermediária (rede), para tomar uma alimentação elétrica.

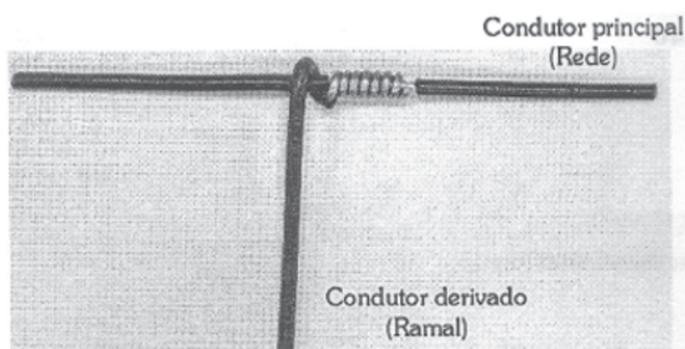


figura 25 - exemplo e aspecto final da emenda em derivação

As figuras seguintes apresentam a sequência de execução desse tipo de emenda.

### CASO 1 - Entre Condutores Rígidos - Derivação Simples

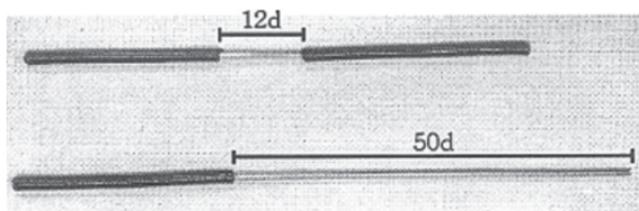


figura 26

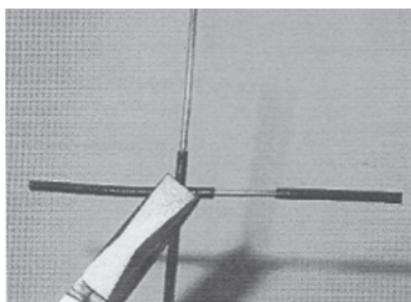


figura 27

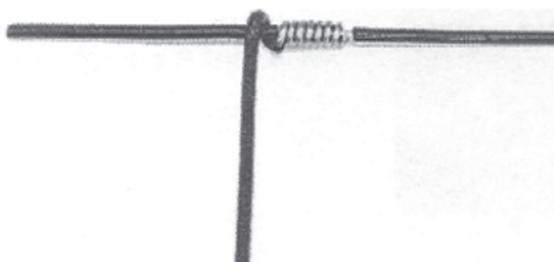


figura 28

**Nota:** É preciso sempre fazer o arremate final da emenda com auxílio de dois alicates.

## Caso 2 - Entre Condutores Rígidos - Derivação com trava

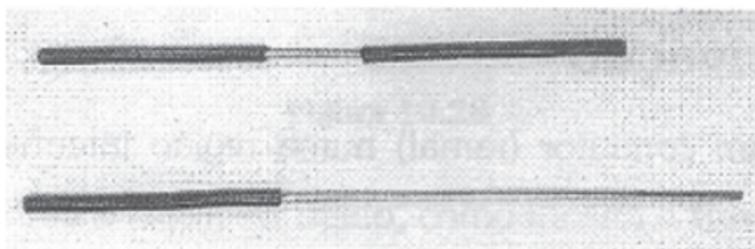
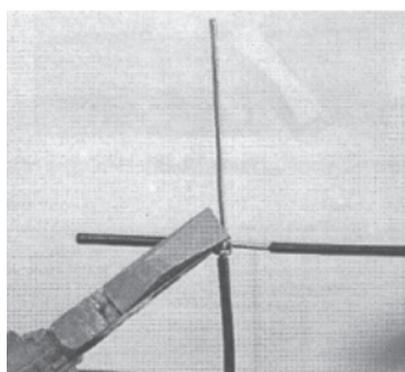
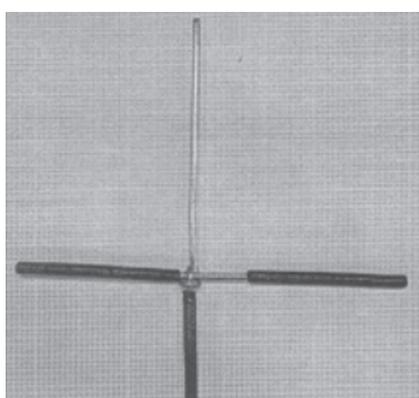
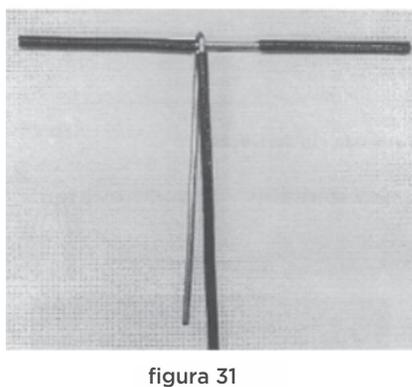
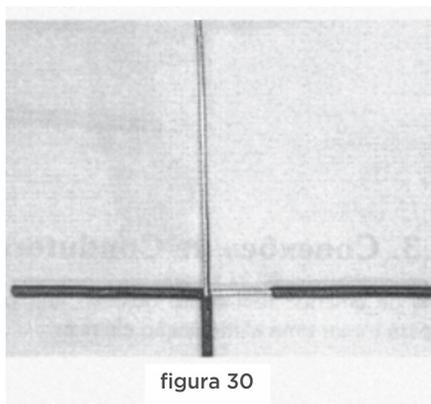


figura 29



### Caso 3 - De um condutor rígido com um flexível.

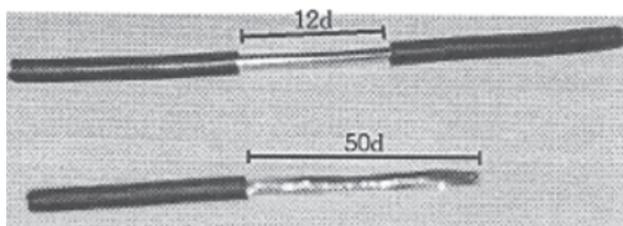


figura 35

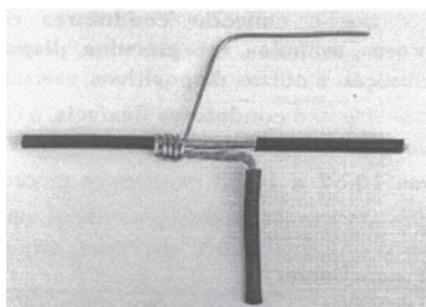


figura 36

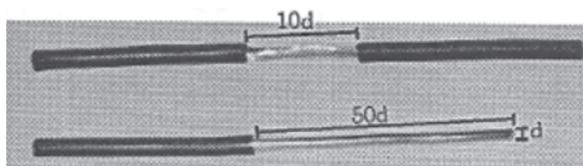


figura 38

### Caso 4 - De um condutor flexível com um rígido.

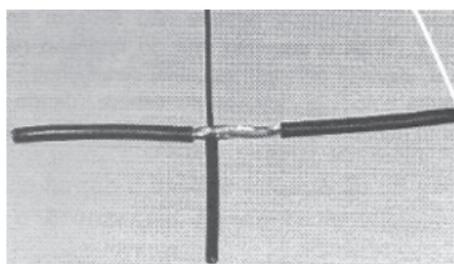


figura 39

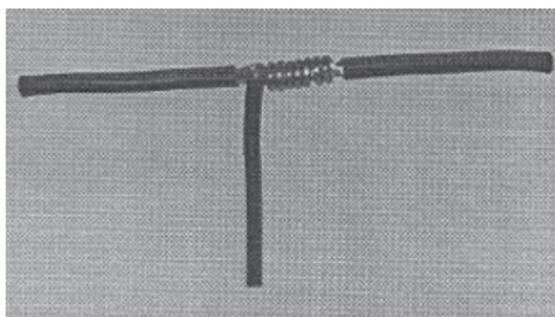


figura 40

Aspecto final da emenda. ■

## Conexão em bornes

# 4

Quando é preciso **conectar condutores rígidos** diretamente aos bornes de elementos, tais como: **interruptores, tomadas, receptáculos, dispositivos de proteção e controle, barramentos de quadros de distribuição e outros dispositivos**, executa-se essa operação por meio de **olhal**.

Caso sejam utilizados **condutores flexíveis**, a conexão só é permitida com auxílio de **terminais apropriados**, conectados a esses condutores com **ferramentas adequadas**.

As **figuras 41 e 42** mostram os procedimentos para a execução do olhal, bem como a sua correta fixação.



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

figura 41

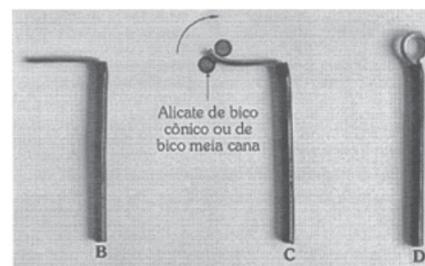


figura 42

sendo:

$e$  - comprimento da circunferência do olhal, em mm.

$R_p$  - raio do parafuso, em mm.

$d_c$  - diâmetro do condutor, em mm.

$\pi$  - 3,14 ...

#### Notas:

1. O olhal deve ser colocado como indica a **figura 43**, com a finalidade de que não se abra ao apertar o parafuso.
2. Caso o parafuso seja do tipo não removível ou imperdível, deve-se elaborar um olhal semifechado, de maneira que permita colocá-lo de baixo da cabeça, dando, a seguir, o fechamento final do olhal com auxílio de um alicate de bico.

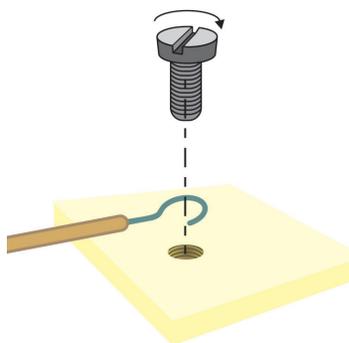


figura 43

## Recomendações sobre Conexões

1. Remover a isolação do condutor, de tal forma que seja o suficiente para que, no ato de emendá-los, não ocorra falta nem sobra.
2. Após remover a isolação, o condutor de cobre deve estar completamente limpo, isto é, isento de pó, partículas de massa de reboco, tintas, substâncias oleosas, etc.
3. As emendas ou conexões devem ser realizadas de modo que a pressão de contato independa do material isolante, ou seja, devem ser bem apertadas, proporcionando ótima resistência mecânica e excelente contato elétrico.
4. **Toda emenda deve, obrigatoriamente, ser isolada.**

5. “As conexões de condutores entre si e com equipamentos não devem ser submetidas a nenhum esforço de tração ou de torção, exceto em casos de linhas aéreas e equipamentos móveis” (6.2.8.7).

6. As conexões, quando necessárias, devem sempre ser realizadas no interior de caixas, quadros, etc., e nunca no interior de condutos fechados, cuja finalidade é garantir a necessária acessibilidade e proteção mecânica (6.2.8.8).

7. “As conexões devem ser realizadas de modo que a pressão de contato independa do material isolante (6.2.8.9)”. Isto é, o material isolante empregado deve ter a função única e exclusiva de recompor o material de isolamento do condutor diante da conexão.

8. A conexão em condutores de alumínio somente é admitida por meio de conectores ou solda adequada (6.2.8.14).

**Nota:** Caso o condutor de cobre possua uma película ou isolante de verniz, remova-o com auxílio de uma lixa fina. ■

---

# Materiais isolantes

# 5

## Introdução

Os materiais isolantes podem apresentar vários formatos: tira (fita) plana, longa, com substância adesiva em um dos lados, ou de autofusão, ou, ainda, em forma de tubo termocontrátil, ou seja, ele contrai ao ser submetido a uma determinada temperatura. Podem ser também em forma líquida.

## Tipos

Os materiais isolantes podem ser classificados em:

- Fita isolante: de borracha (autofusão) ou plástico;

- Isolante termocontrátil;
- Isolante líquido.

## Fita Isolante

### a. Fita Isolante de Borracha (Autofusão)

É uma tira elástica fabricada com diversos compostos de borracha e não possui adesivos. Possui como característica a “Autofusão”, isto é, ela se funde quando sobreposta, formando uma massa lisa e uniforme (figura 44).

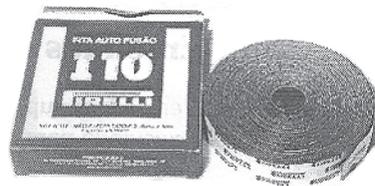


figura 44

**Aplicações:** para reposição da camada isolante de cabos elétricos em emendas e terminações até 69 kV.

### b. Fita Isolante Plástica

É uma tira de material plástico; possui em um dos lados uma substância adesiva à base de borracha sensível à pressão. É fabricada em diversas cores: branca, amarela, azul, verde, vermelha e preta (figura 45).

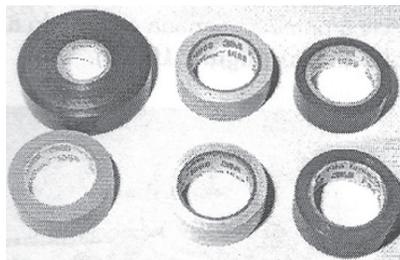


figura 45

**Aplicações:** para recomposição da camada isolante ou cobertura de cabos elétricos em emendas e acabamentos nas instalações em geral, sendo a P44 para 750 V e a P42 para 600 V.

**Caraterísticas das fitas isolantes:** apresentam-se em rolos de diversos comprimentos, larguras e espessuras:

- Comprimento: 5, 10 e 20 m (Autofusão: 10 m).
- Largura: 19 mm (as mais comuns, para uso em instalações elétricas em geral).
- Espessura: **Pirelli P-42:** 0,15 mm; **P-44:** 0,18 mm; **3M 33+:** 0,19 mm; **Weízel:** 0,15 mm e 0,76 mm (Autofusão - Pirelli).

## Isolante Termocontrátil

São tubos flexíveis de poliolefina para uso contnuo em temperaturas de até 125°C. Esse isolante de material termocontrátil pode ser instalado com facilidade e rapidez, bastando utilizar aplicadores automáticos ou de aquecimento normais (soprador térmico, maçarico, etc.) (**figura 46**).



figura 46

## Características

- Excelente estabilidade térmica, indicado para uso contínuo de 30°C a 125°C.
- Utilizar-se pouco para cobrir uma faixa de diâmetros de 0,6 a 51 mm.
- Não são afetados pelos fluidos e solventes comumente usados.
- Aplicar calor acima de 115°C.
- Os tubos contraem 50% do diâmetro nominal.

## Isolante Líquido

É uma substância isolante de fácil utilização. Basta aplicá-la com auxílio de um pincel nas emendas ou conexões.

**Característica:** a aplicação com 1 mm de espessura permite um isolamento de até 10 kV.



figura 47

## Isolar Emendas ou Conexões

Essa operação consiste em cobrir superfícies de emendas ou conexões expostas, utilizando materiais isolantes vistos anteriormente. É executada para restabelecer as condições de isolamento dos condutores elétricos.

## Processo de Execução

### CASO 1 - Isolar com Fita Isolante

1. Prenda a ponta da fita isolante à. isolação do condutor (**figura 48**).
2. Inicie a primeira camada enrolando a fita isolante sobre a emenda, de modo que cada volta cubra metade da volta anterior (**figura 49**).

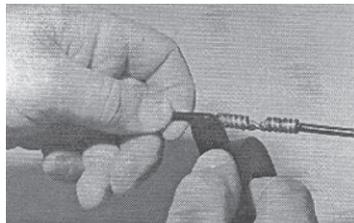


figura 48

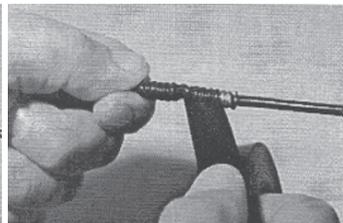


figura 49

3. Sem cortar a fita, retome até completar a segunda camada (**figura 50**).
4. Aspecto final da isolação com fita isolante (**figura 51**).

**Atenção:** Ao aplicar a fita isolante, certifique-se de que a superfície da emenda ou conexão, a isolação do condutor, bem como as mãos, **estejam perfeitamente limpas**.

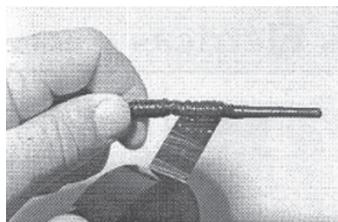


figura 50

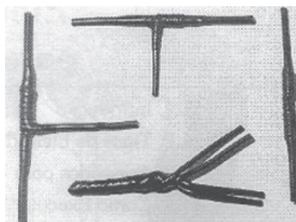


figura 51

#### Notas:

1. Uma boa isolação deve conter, no mínimo, duas camadas de fita isolante de boa qualidade.
2. Deve ser alongada tanto quanto necessário, para permitir uma boa conformidade.
3. Ao término da isolação, evite esticá-la e corte-a com auxílio de uma lâmina (canivete ou estilete), a fim de evitar o deslizamento (descolamento da extremidade da fita isolante).

### CASO 2 - Isolar com Isolante Tubular Termocontrátil

1. Introduza o isolante tubular termocontrátil na emenda ou conexão.
2. Aplicar calor acima de 115°C até que ocorra a contração do isolante termocontrátil.
3. Aspecto final da isolação.

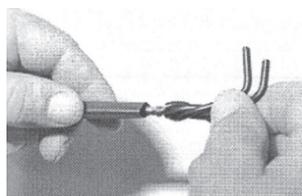


figura 52



figura 53

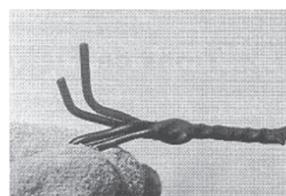


figura 54

### CASO 3 - Isolar com Isolante Líquido

1. Aplique o isolante líquido com o pincel até formar uma camada de, pelo menos, 1 mm.
2. Aspecto final da isolação com isolante líquido. ■



figura 55

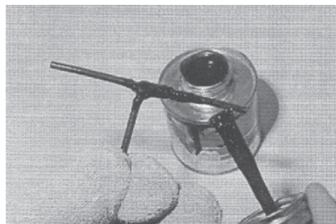


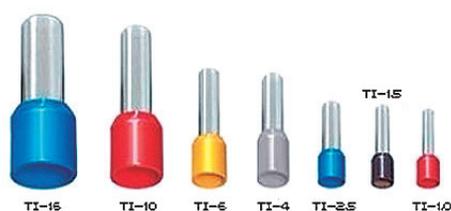
figura 56

# Terminais para conexão

# 6

A seguir, podemos ver alguns tipos de terminais para condutores elétricos e a ferramenta necessária para a sua fixação.

Terminal tubular simples (para um fio)



Alicate crimpador para terminal tubular



Terminal tubular duplo (para dois fios)



Terminal Pré-isolado com pino



Alicate crimpador para terminal Pré-isolado



Terminal de pressão sem isolação



Alicate prensa terminais  
10-120mm<sup>2</sup>



### Alguns tipos de conectores usados em instalações elétricas.



Conector parafuso fendido simples



Conector em barra baquelita



Conector perfurante



Conector de porcelana 2 bornes



Conector perfurante



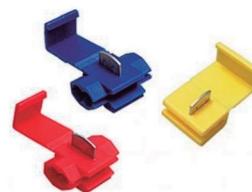
Conector de porcelana 2 bornes



Terminal sapata de cobre



Terminal de conexão TCL pino longo



Conector de derivação



Conector tipo grampo para cabo haste



Conector em barra polietileno



Conector tipo wago

### A seguir, podemos ver alguns modelos de alicate desencapador.



### Observações importantes

1. Lembre-se de usar sempre a ferramenta adequada para desencapar, fixar e apertar a peça que você estiver utilizando;
2. Você deve usar todos os EPI's (Equipamento de Proteção Individual) indispensáveis ao manuseio dos equipamentos e ferramentas;

3. Sempre verifique junto ao fabricante as características físicas e elétricas de todos os componentes, assim como se o mesmo pode ser exposto externamente às intempéries. ■

unidade

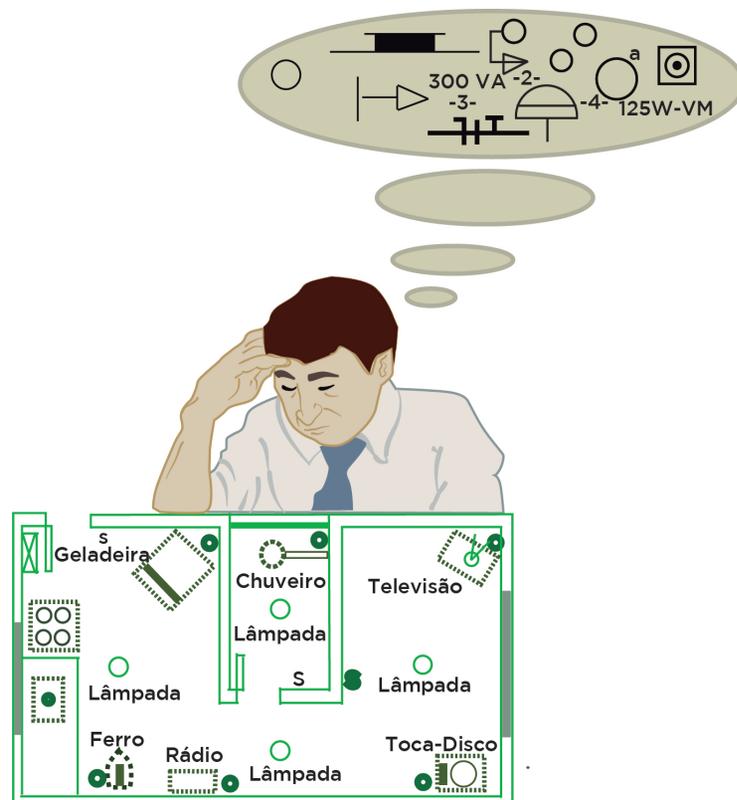
5

# Símbolos gráficos para instalações elétricas

# 1

## Formas geométricas

Devido à complexidade do sistema de produção, o caminho a ser percorrido desde o projeto inicial “ideia técnica” até o produto final “projeto executado” passa por diversas etapas, não permitindo que uma mesma idealize e execute. Devido a isso, cabe a cada pessoa ou determinado setor um limitado campo de atuação, isto é, procura-se distribuir as tarefas a um número maior de pessoas. Nos modernos escritórios de projetos elétricos, muitas pessoas participam da sua execução: os projetistas, os engenheiros, os técnicos, os desenhistas, os eletricitistas, etc., além de outros especialistas, cada um com uma missão bem-definida. Para que haja perfeito entrosamento e todos os profissionais envolvidos no projeto tenham uma visão de conjunto do que se pretende executar, adota-se uma linguagem comum – a **simbologia padronizada**.



A **simbologia**, por se tratar de uma forma de linguagem, bem como todo o conjunto que completa um determinado projeto (**esquemas, detalhes, desenhos**, etc.) deve ser **EXATA** (para ser compreensível) e também clara e de fácil interpretação para os que a utilizarem. Do mesmo modo que uma língua, a simbologia está subordinada a regras, que são as **NORMAS TÉCNICAS (NBR 5444)**.

## Símbolos

A construção da simbologia desta Norma é baseada em figuras geométricas simples para permitir uma representação adequada e coerente dos dispositivos elétricos. Essa Norma se baseia na conceituação simbólica de quatro elementos geométricos básicos: o traço, o círculo, o triângulo equilátero e o quadrado.

## Traço

O seguimento de reta representa o eletroduto. Os diâmetros normalizados são, segundo a NBR 5626, convertidos em milímetros, usando-se a tabela 1 a seguir:

**Tabela 1**

POLEGADAS	MILÍMETROS
1/2	15
3/4	20
1	25
1 1/4	32
1 1/2	40
2	50
2 1/2	60
3	75
4	100

## Círculo

Representa três funções básicas: o ponto de luz, o interruptor e a indicação de qualquer dispositivo embutido no teto. O ponto de luz deve ter um diâmetro maior que o do interruptor, para diferenciá-los.

Um elemento qualquer circundado indica que este se localiza no teto. O ponto de luz na parede (arandela) também é representado pelo círculo.

## Triângulo equilátero

Representa tomadas em geral. Variações acrescentadas a ela indicam mudança de significado e função (tomadas de luz e telefone, por exemplo), bem como modificações em seus níveis na instalação (baixa, média e alta).

## Quadrado

Representa qualquer tipo de elemento no piso ou conversor de energia (motor elétrico). De forma semelhante ao círculo, envolvendo a figura, significa que o dispositivo se localiza no piso. ■

---

# 2

## Esquemas elétricos

### Utilização de Esquemas

É a representação de uma instalação, ou parte dela, por meio de símbolos gráficos. Todo e qualquer projeto será desenvolvido através de símbolos e, para isso, são utilizados os esquemas Unifilar, Multifilar e Funcional.

### Esquema Multifilar

O esquema da figura 1 representa um sistema elétrico, em seus detalhes, com todos os condutores. Nesta representação, cada traço é um fio que será utilizado na ligação dos componentes.

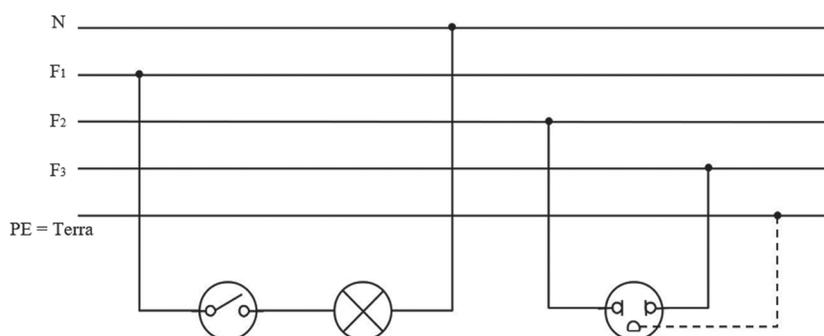


Figura 1

Em um projeto, se a sua representação fosse feita na forma multifilar, cada condutor seria representado por um traço, saindo do QD (Quadro de Distribuição) e chegando ao seu destino. Como podemos notar, seria impossível um projeto na forma multifilar, pois seriam tantos os traços que dificultariam a sua interpretação. Nesse caso, para realizar um projeto com clareza e de maneira simplificada, utilizamos a forma unifilar.

## Esquema Unifilar

Ele representa um sistema elétrico simplificado, que identifica o número de condutores e representa seus trajetos por um único traço.

Geralmente, representa a posição física dos componentes da instalação, porém não reproduz com clareza o funcionamento e sequência funcional dos circuitos. Na figura 2, temos um esquema de um circuito elétrico composto de interruptor simples, tomada, lâmpada incandescente, rede de eletrodutos e fiação - todos representados na forma unifilar.

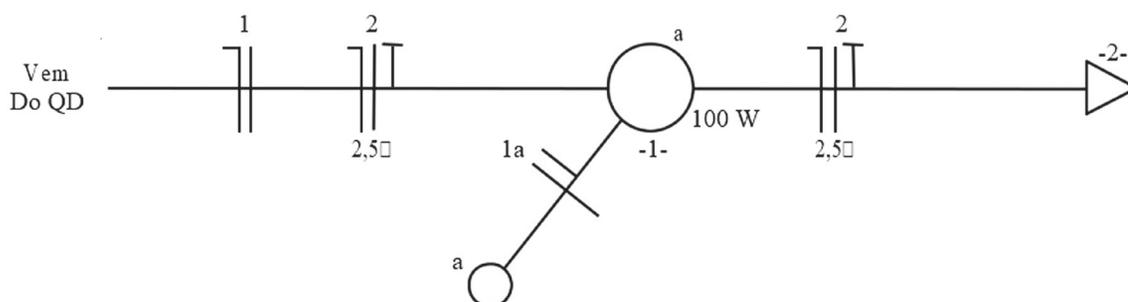


Figura 2

Na figura 3, temos um exemplo da planta baixa de uma instalação elétrica predial, utilizando o esquema unifilar.

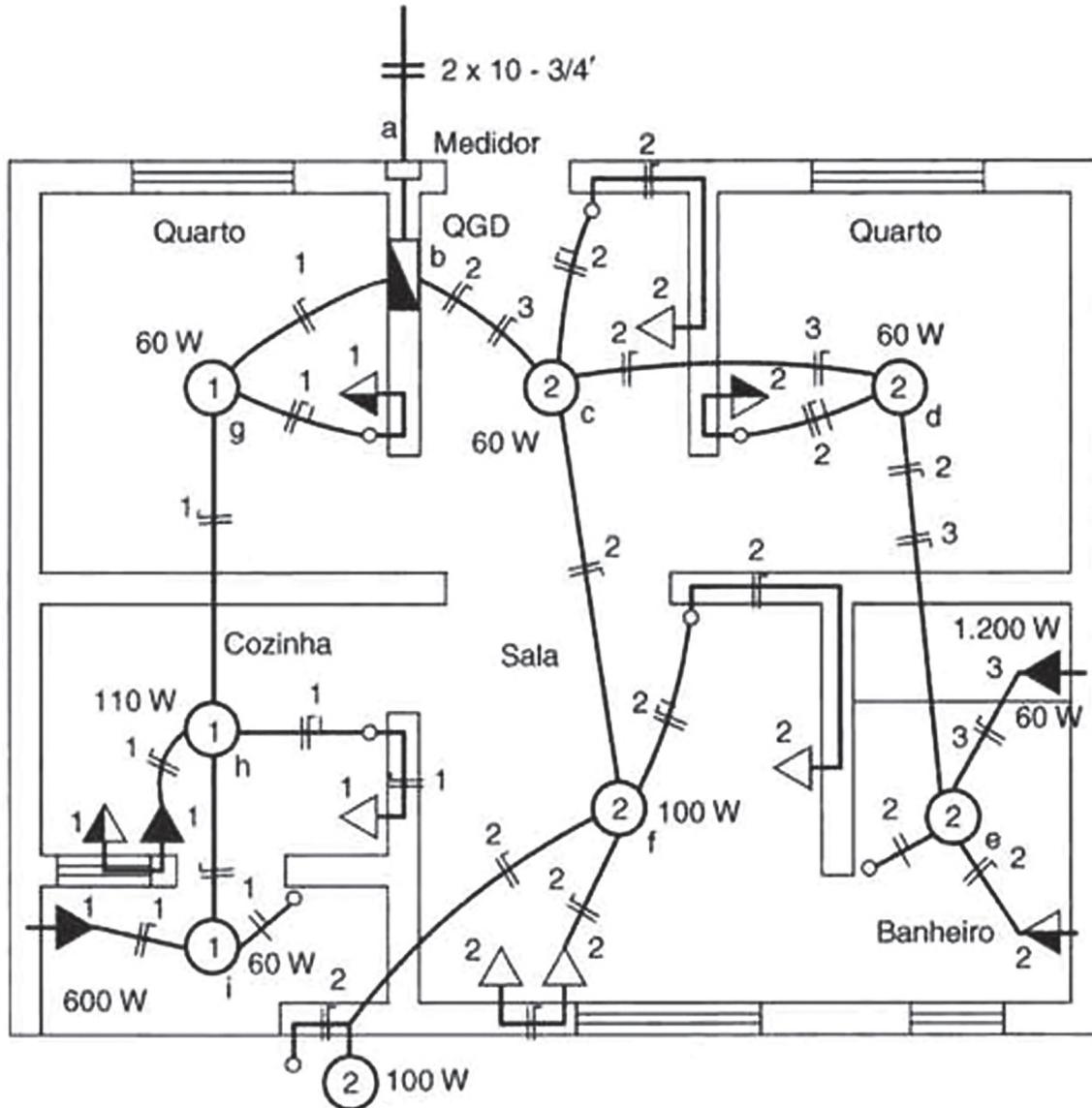


Figura 3

Na figura 4, observe a representação correta do esquema unifilar e o significado de cada símbolo.

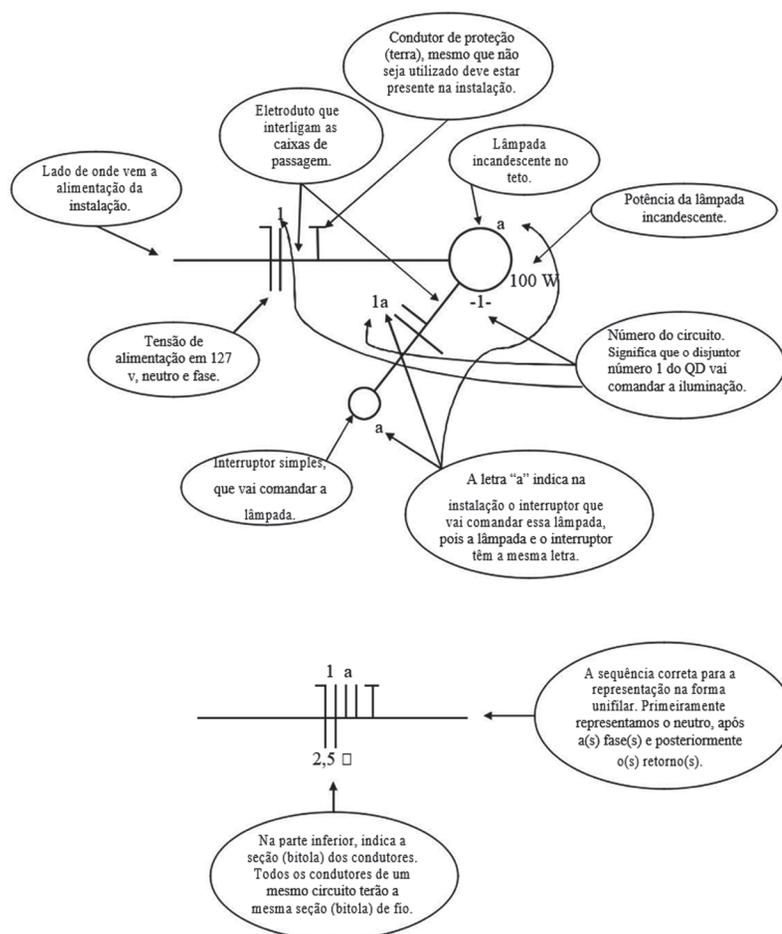


Figura 4

## Esquema Funcional

Apresenta todo o sistema elétrico e permite interpretar, com clareza e rapidez, o funcionamento ou sequência funcional dos circuitos. Não se preocupe com a posição física dos componentes da instalação, pois os caminhos das correntes são representados por meio de retas, sem cruzamento ou inclinação na vertical ou horizontal. O esquema mostra o equipamento exatamente como ele é encontrado à venda no mercado ou como ele é industrialmente fabricado, conforme figura 5.

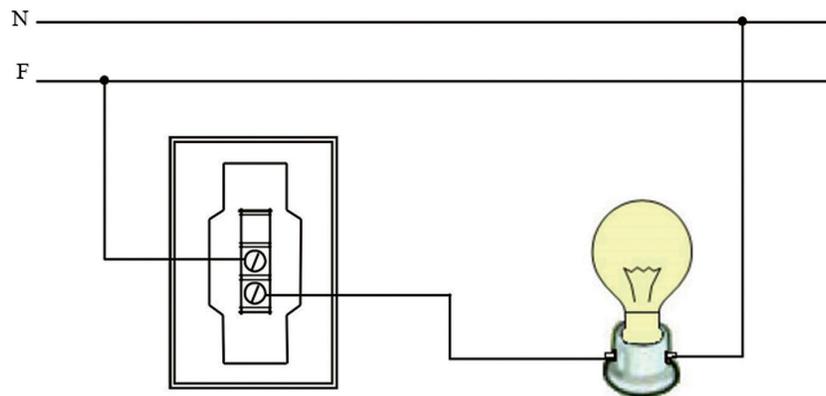


Figura 5

## Recomendação Geral

Basicamente, um esquema é representado com seus componentes de comando na posição desligada.

O esquema de distribuição unifilar é o que permite interpretar com extrema rapidez a distribuição dos circuitos e dispositivos, ou seja, seu funcionamento.

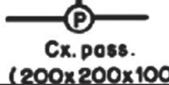
Para a execução de uma instalação, é fundamental para o eletricitista saber a localização dos elementos na planta, saber quantos fios passarão em determinado eletroduto e qual o trajeto da instalação. ■

# 3

## Tabela de Símbolos da Norma NBR 5444

Veja, a seguir, uma série de símbolos que deve ser utilizada pelos projetistas de instalações elétricas.

Tabela da Norma NBR 5444.

Tabela 2 – Dutos e Distribuição		
Símbolo	Significado	Observação
	Eletroduto embutido no teto ou parede.	Para todas as dimensões em mm indicar a seção, se esta não for de 15 mm.
	Eletroduto embutido no piso.	
	Telefone no teto.	
	Telefone no piso.	
	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 a seção, n°. de condutores, n°. do circuito e a seção dos condutores, exceto se forem de 1,5 mm <sup>2</sup> .
	Condutor neutro no interior do eletroduto.	
	Condutor de retorno no interior do eletroduto.	
	Condutor terra no interior do eletroduto.	
	Condutor positivo no interior do eletroduto.	
	Condutor negativo no interior do eletroduto.	
	Cordoalha de terra.	Indicar a seção utilizada; em 50□ significa 50 mm <sup>2</sup> .
	Leito de cabos com um circuito passante de: três fases, cada um por dois cabos de 25 mm <sup>2</sup> mais dois cabos de neutro de seção 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 a altura e se necessário fazer detalhe (dimensões em mm)

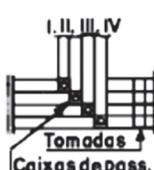
	Eletróduto que sobe.	
	Eletróduto que desce.	
	Eletróduto que passa descendo.	
	Eletróduto que passa descendo	
	subindo Sistema de calha no piso.	No desenho aparecem quatro sistemas que são habitualmente: I – Luz e força. II – Telefone (TELEBRÁS) III – Telefone (P(A)BX,KS. Ramais) IV – Especiais (COMUNICAÇÕES)
	Condutor seção 1,0 mm <sup>2</sup> , fase para campainha.	Se for de seção maior indicá-la.
	Condutor seção 1,0 mm <sup>2</sup> , neutro para campainha.	
	Condutor seção 1,0 mm <sup>2</sup> , retorno para campainha.	
<b>Tabela 3 - Quadros de Distribuição</b>		
Símbolo	Significado	Observação
	Quadro parcial de luz e força aparente.	Indicar a carga de luz em watts e de força em W ou kW.
	Quadro parcial de luz e força embutido	
	Quadro geral de luz e força aparente.	
	Quadro geral de luz e força embutido.	
	Caixa de telefones.	
	Caixa para medidor.	

Tabela 4 - Interruptores		
Símbolo	Significado	Observação
	Interruptor de uma seção.	A letra minúscula indica o ponto de comando.
	Interruptor de duas seções.	As letras minúsculas indicam os pontos de comando.
	Interruptor de três seções.	As letras minúsculas indicam os pontos de comando.
	Interruptor paralelo ou tree-way.	A letra minúscula indica o ponto de comando.
	Interruptor intermediário ou four-way.	A letra minúscula indica o ponto de comando.
	Botão de minuteria.	
	Botão de campainha na parede (ou comando a distância).	
	Botão de campainha no piso (ou comando a distância).	
	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.
	Disjuntor a óleo.	Indicar a tensão, corrente, potência, capacidade nominal de interrupção e polaridade.
	Disjuntor a seco.	Indicar a tensão, corrente, potência, capacidade nominal de interrupção e polaridade através de traços.
	Chave reversora.	

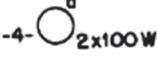
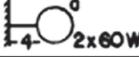
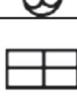
Tabela 5 – Luminárias, refletores, lâmpadas.		
Símbolo	Significado	Observação
	Ponto de luz incandescente no teto. Indicar o n°. de lâmpadas e a potência em watts.	A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente.
	Ponto de luz incandescente na parede (arandela).	Deve-se indicar a altura da arandela.
	Ponto de luz incandescente no teto (embutido).	
	Ponto de luz fluorescente no teto (indicar o n°. de lâmpadas e na legenda o tipo de partida e reator).	A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente
	Ponto de luz fluorescente na parede	Deve-se indicar a altura da luminária
	Ponto de luz fluorescente no teto (embutido)	
	Ponto de luz incandescente no teto em circuito vigia (emergência)	
	Ponto de luz fluorescente no teto em circuito vigia (emergência)	
	Sinalização de tráfego (rampas, entradas, etc.)	
	Lâmpada de sinalização	
	Refletor	Indicar potência, tensão e tipo de lâmpadas
	Poste com duas luminárias para iluminação externa	Indicar as potências, tipo de lâmpadas
	Lâmpada obstáculo	
	Minuteria	Diâmetro igual a do interruptor
	Ponto de luz de emergência na parede com alimentação independente	
	Exaustor	
	Motobomba para bombeamento da reserva técnica de água para combate a incêndio	

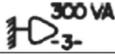
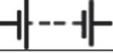
Tabela 6 - Tomadas		
Símbolo	Significado	Observação
	Tomada de luz na parede, baixo (300 mm do piso acabado)	
	Tomada de luz na parede, média (1.300 mm do piso acabado)	
	Tomada de luz na parede, alta (2.000 mm do piso acabado)	
	Tomada de luz no piso	
	Saída para telefone externo na parede (rede TELEBRÁS)	
	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	
	Tomada para rádio e televisão	
	Relógio elétrico no teto	
	Relógio elétrico na parede	
	Saída de som no teto	
	Saída de som na parede	Indicar a altura "h"
	Cigarra	
	Campainha	
	Quadro anunciador	Dentro do círculo, indicar o número de chamadas em algarismos romanos

Tabela 7 – Motores e Transformadores		
Símbolo	Significado	Observação
	Gerador	Indicar as características nominais
	Motor	Indicar as características nominais
	Transformador de potência	Indicar a relação 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 potência	
	Transformador de corrente (dois núcleos)	
	Retificador	
Tabela 8 - Acumuladores		
Símbolo	Significado	Observação
	Acumulador ou elementos de pilha	O traço longo representa o polo positivo e o traço curto, o polo negativo
	Bateria de acumuladores ou pilhas. Forma 1	Sem indicação do número do elementos
	Bateria de acumuladores ou pilhas. Forma 2	Sem indicação do número do elementos

Observação:

Esses são alguns símbolos gráficos utilizados em instalações elétricas prediais. Você deve ter ciência de que encontrará algumas variações dessa simbologia, devidas a vários fatores, tais como projetos antigos, falta de atualização do profissional e, até mesmo, a própria mudança nas normas (NBR's). Fique atento, pois o profissional que sabe ler e interpretar um diagrama elétrico, certamente, possui um grande diferencial no mercado. ■

unidade

6

Interruptores  
e tomadas

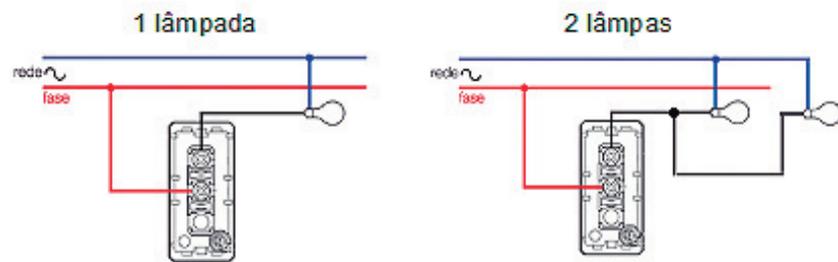
# 1

## Interruptor Simples

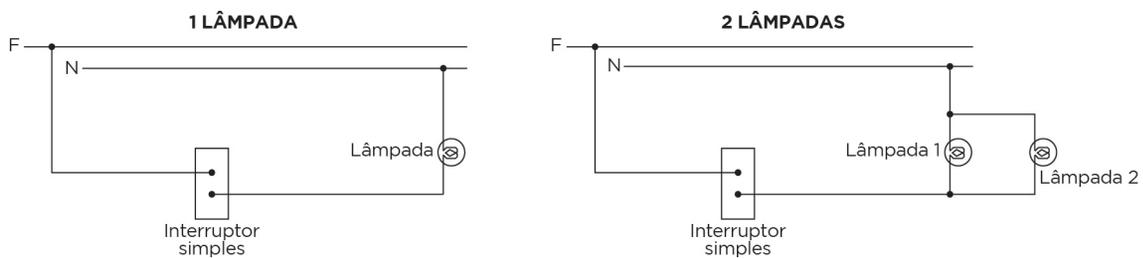
Agora vamos ver como ligar uma ou mais lâmpadas de um ou mais pontos de comanda (interruptor).

Para manobrar (ligar/desligar) uma lâmpada elétrica, precisamos de um dispositivo de manobra (interruptor) qualquer. A seguir, vemos como é o circuito de ligação de uma ou mais lâmpadas comandadas de um único ponto de acionamento através de um interruptor simples.

Abaixo, podemos observar o diagrama **funcional** de um interruptor simples acionando uma e duas lâmpadas incandescentes.



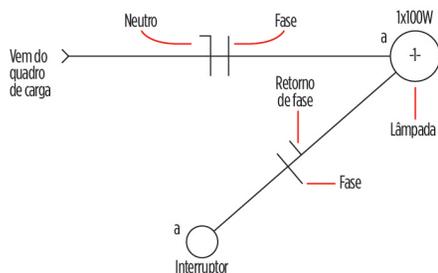
Logo a seguir, vemos o seu diagrama **multifilar**.



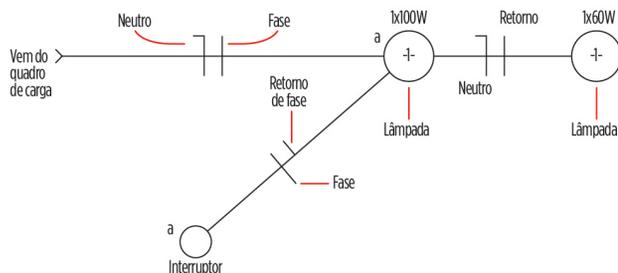
E, finalmente, temos abaixo a representação unifilar do circuito.

Vale ressaltar que esta é a representação que você vai encontrar nos projetos de instalações elétricas prediais.

### 1 LÂMPADA

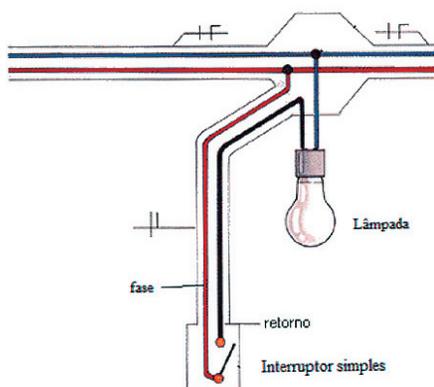


### 2 LÂMPADAS

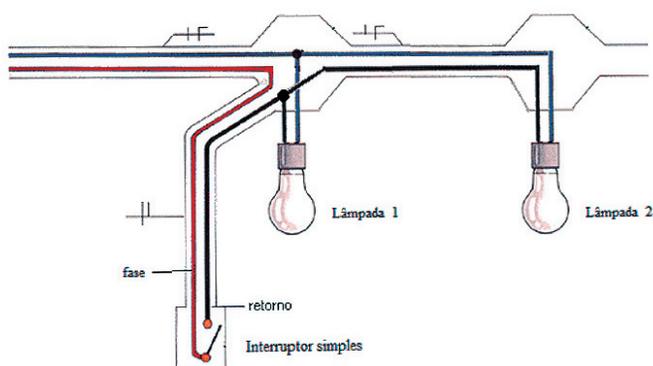


É representado, na figura a seguir, como ficam os condutores (fios) dentro dos eletrodutos. ■

### 1 LÂMPADA



### 2 LÂMPADAS



# 2

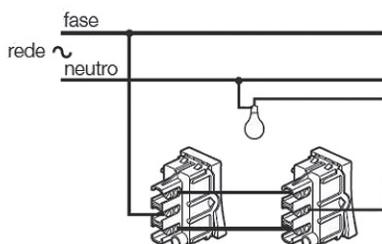
## Interruptor Paralelo (*three-way*)

### O que é o interruptor paralelo?

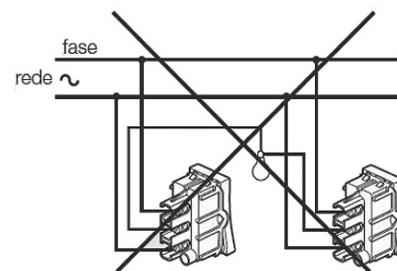
O interruptor paralelo *three-way*, também conhecido como interruptor paralelo, é usado para acionar um ponto de iluminação por dois lugares distintos, muito usado em corredores e escadas. O interruptor paralelo sempre é utilizado em par, ou seja, sempre dois interruptores. O interruptor paralelo *three-way* recebe esse nome por ter ligado entre seus dois terminais extremos dois fios que vão até os terminais extremos do outro interruptor.

Observamos, a seguir, o diagrama funcional do conjunto de interruptores paralelos acionando uma lâmpada incandescente.

#### ■ Interruptor paralelo

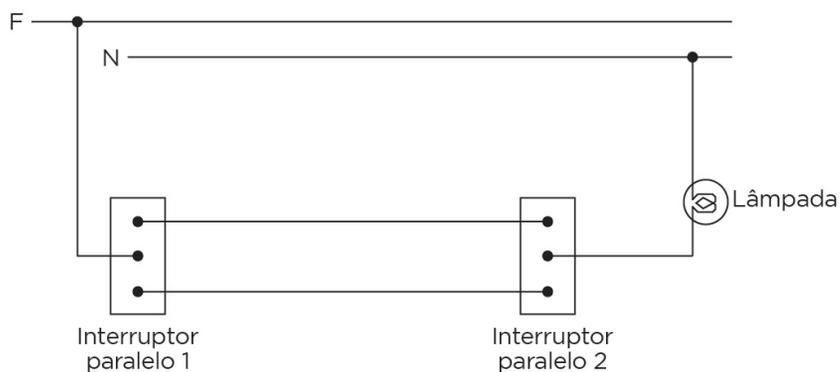


#### Interruptor paralelo ligação não recomendada (\*)

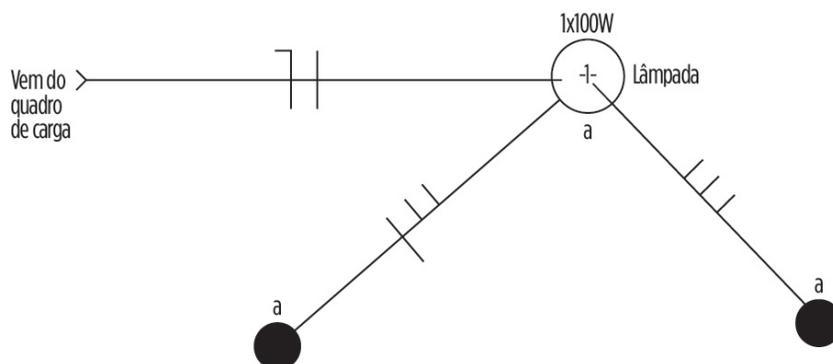


(\*) pode causar curto-circuito

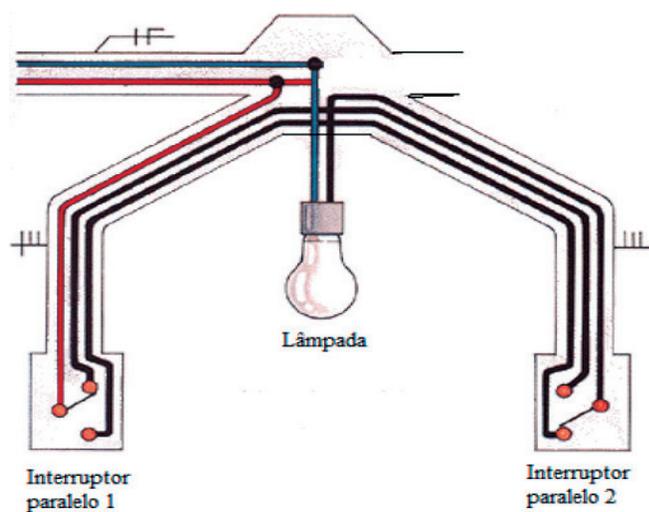
Abaixo, podemos ver esse mesmo circuito representado no esquema multifilar:



E, finalmente, a representação unifilar do circuito:



É representado, na figura a seguir, como fica dentro dos eletrodutos: ■



# 3

## Interruptor Intermediário (*four-way*)

O interruptor intermediário é utilizado quando se quer acionar uma ou mais lâmpadas de mais de dois pontos. Este componente só pode trabalhar em conjunto com dois interruptores paralelos, nem mais nem menos, somente dois. Já com o interruptor intermediário, podemos usar quantos forem necessários, lembrando que sempre em conjunto com dois interruptores paralelos.

Podemos dar um exemplo de onde se quer 8 pontos distintos de acionamento. Por exemplo: em um corredor onde se tenha várias entradas e saídas, totalizando 8 portas. Então, teremos 2 interruptores paralelos, nos extremos, e 6 interruptores intermediários, totalizando oito pontos de comando distintos.

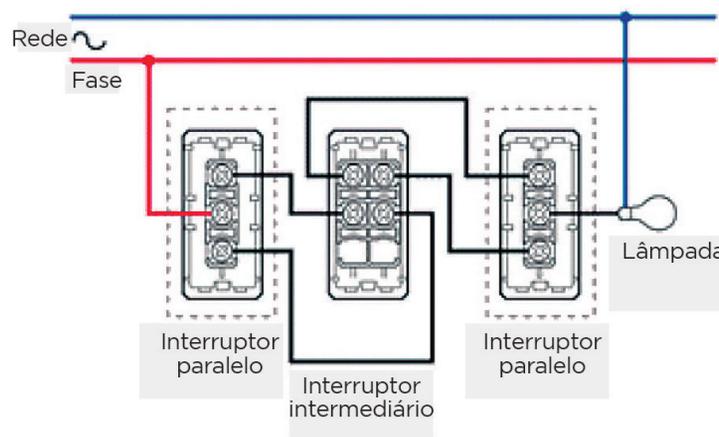
Segue o raciocínio:

O número de interruptores intermediários será o total de pontos de acionamento desejados menos dois.

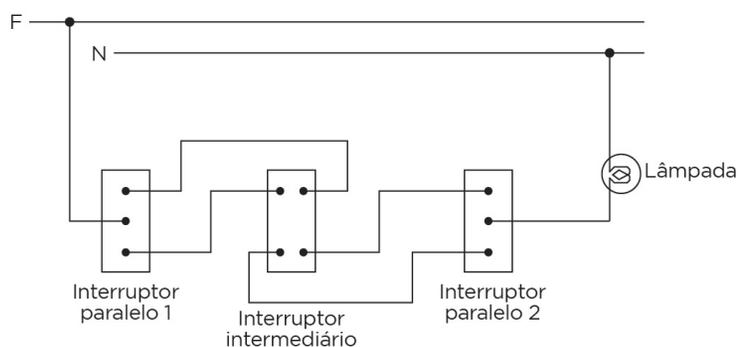
No exemplo acima, teremos:

$$8 - 2 = 6 \text{ (interruptores intermediários)}$$

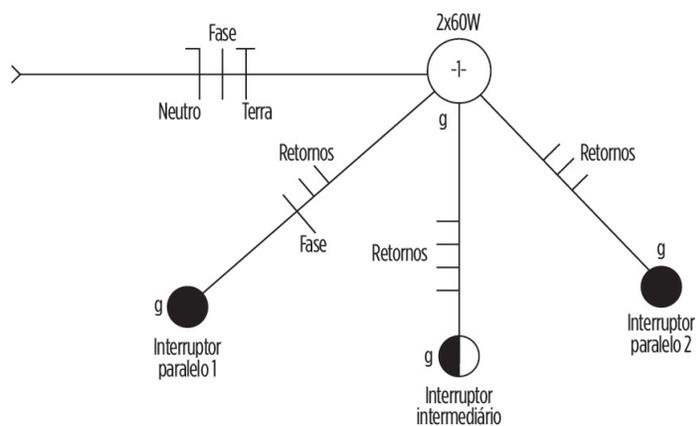
Abaixo, podemos observar o diagrama funcional de um interruptor simples acionando uma e duas lâmpadas incandescentes.



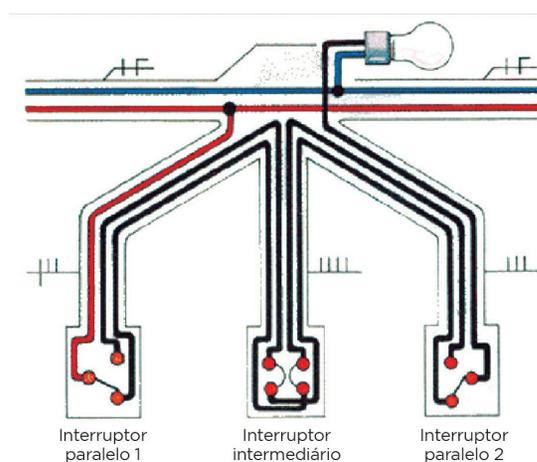
Logo a seguir, vemos o seu diagrama multifilar.



E, finalmente, temos abaixo a representação unifilar do circuito.



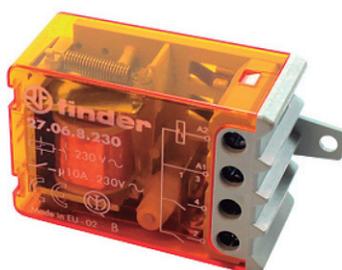
E, para reforçar, é representado, na figura a seguir, como ficam os condutores (fios) dentro dos eletrodutos. ■



# 4

## Relé de Impulso (Ri)

O relé de impulso foi inventado e patenteado em 1950 por Piero Giordanino, fundador da Finder S.p.A – Itália.



O avanço tecnológico, especialmente no que se refere à área de construção civil, vem possibilitando a realização de projetos com um padrão de sofisticação cada vez mais arrojado, seguro e com baixo custo.

A utilização de relés de impulso (Ri) é uma alternativa extremamente simples, eficiente e segura nas atividades relacionadas a instalações elétricas em geral, especialmente no comando de iluminação e outras cargas, e apresenta considerável redução de custos de material e mão de obra.

O relé de impulso (Ri), criado há mais de 50 anos, também conhecido como relé “step” ou de passo, muito utilizado na Europa, especialmente na Itália, tem seu princípio de funcionamento no relé eletromagnético, que, devido à sua simplicidade e economia, deveria fazer parte de todas as instalações elétricas.

## Vantagens da utilização do Relé de Impulso.

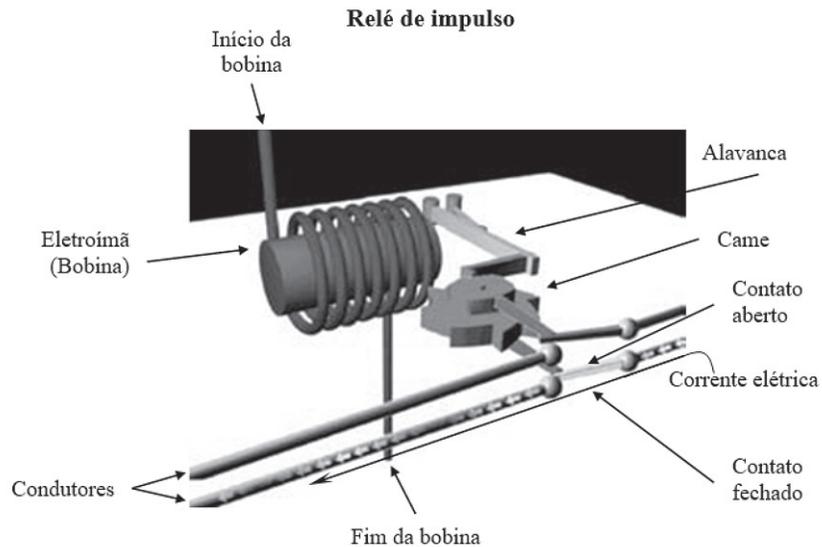
O emprego do Ri torna a instalação extremamente versátil, como, por exemplo:

- Pode substituir com eficiência os interruptores paralelos e intermediários.
- Pode acionar mais de um circuito ao mesmo tempo com um único sinal.
- Torna possível comandar todas as luzes externas de uma casa, como prevenção antirroubo, a partir de qualquer uma de suas dependências, sem o incômodo de um ponto fixo ou a complexidade de sistemas sofisticados de comando.
- Possibilita a redução de custos do material necessário para os condutores, uma vez que o comando se processa por meio de pulsadores (botões de campainha) com apenas dois condutores.
- Pode ser utilizado para o comando de grande quantidade de lâmpadas (de 10 A ou 16 A) com apenas um pulsador.
- Sinais de saída são completamente isolados e independentes dos sinais de entrada.
- A tensão de comando da bobina (entrada) pode ser consideravelmente menor que a dos contatos (saída).
- Um relé pode controlar sinais DC por meio de sinais AC ou vice-versa, e ainda comandar altas potências com baixos sinais de tensão.

## Funcionamento

O relé de impulso (Ri), quando inserido num circuito, tem a característica de alterar o seu estado ou posição do(s) seu(s) contato(s) – aberto-fechado; fechado-aberto – quando aplicada uma tensão nos bornes (A1 e A2) da bobina, ou seja, “enviando um pulso de tensão à bobina do relé (que permanece energizada somente enquanto durar o impulso), o efeito eletromagnético faz uma pequena alavanca acionar um came (espécie de roda dentada) que abre e fecha os contatos. Ao término de cada pulso, esses contatos permanecem fechados ou abertos, e a bobina desenergizada. O came é uma peça mecânica trabalhada para receber

uma programação, disponibilizando várias alternativas para aplicação com diferentes sequências”. Observe a figura 1.



## Funcionamento e Aplicação

O relé de impulso é um outro tipo de relé eletromagnético. Porém, a grande diferença é a versatilidade que é proporcionada: com a programação através de CAME\*, o relé - composto por dois tipos de contato (fixo e móvel) pode efetuar diferentes sequências de acionamento. Portanto, podemos controlar diversos circuitos ao mesmo tempo, utilizando um conjunto de botões pulsadores e controlando a quantidade de pulsos. As instalações elétricas tradicionais e pequenas automações residenciais vêm sendo aprimoradas com recursos tecnológicos que têm custos acessíveis, proporcionando segurança, economia, versatilidade e simplicidade.

\* CAME: trata-se de um componente mecânico semelhante a uma roda dentada que recebe uma programação, disponibilizando várias alternativas para aplicação com diferentes sequências.

### Nota 1:

- O relé de impulso permite o uso de pulsadores luminosos, desde que seja acoplado à bobina do relé o módulo capacitor.
- O relé de impulso não permanece energizado durante as operações,

## Função de comutação

A função de chaveamento xx.x1 para relé de impulso de 1 contato permitirá controle ON/OFF de apenas um circuito de iluminação.

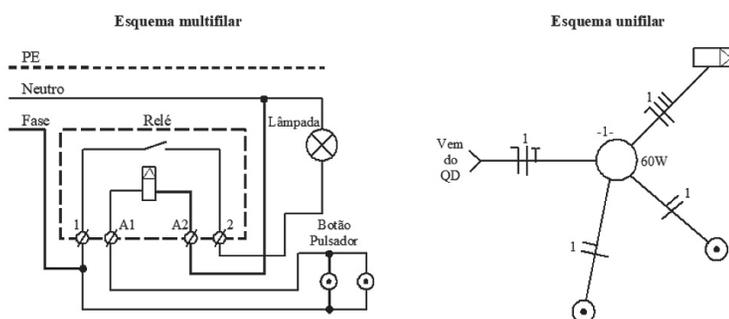
Para relés de impulso de 2 contatos, pode-se fazer o controle de iluminação em 2 circuitos diferentes. A sequência de iluminação dependerá especificamente da função de chaveamento escolhida.

### Nota 2:

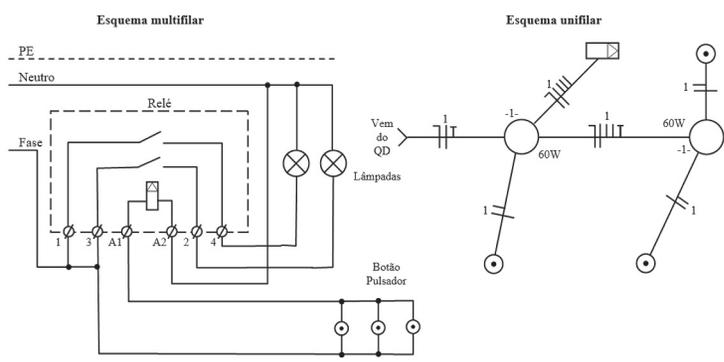
- Nem todos os tipos de relés de impulso têm disponível todas as funções de chaveamento.
- Os códigos das funções de chaveamento geralmente têm o mesmo significado para todos os relés de impulso Finder.
- Existem, contudo, algumas diferenças entre as séries de relés de impulso; então, na prática, consultem com cuidado o catálogo para cada série de relé específica.

## Exemplos de Esquemas

Relé de impulso **unipolar** comandando uma lâmpada incandescente através de dois pulsadores (pontos de comando).



Relé de impulso **bipolar** comandando duas lâmpadas incandescentes através de três pulsadores (pontos de comando).



Para compreender melhor o funcionamento do relé de impulso, veja as seqüências dos pulsos.

Tipo	Número de impulsos	Seqüências			
		1º	2º	3º	4º
20.21	2				
27.05	4				
27.06	3				

Passos para instalação do relé de impulso:

Identificação do material:

- Pulsador
- Condutores
- Luminárias (lâmpadas dos tipos: incandescente, halógena, fluorescente, dicroica).

1) Escolhendo o local do Ri.



2) Passando os fios.



3) Conectando o Ri.



4) Instalando os Pulsadores.

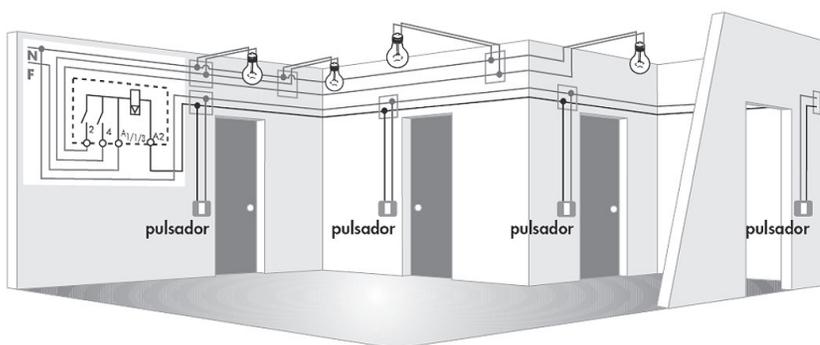


Localização na caixa de passagem.



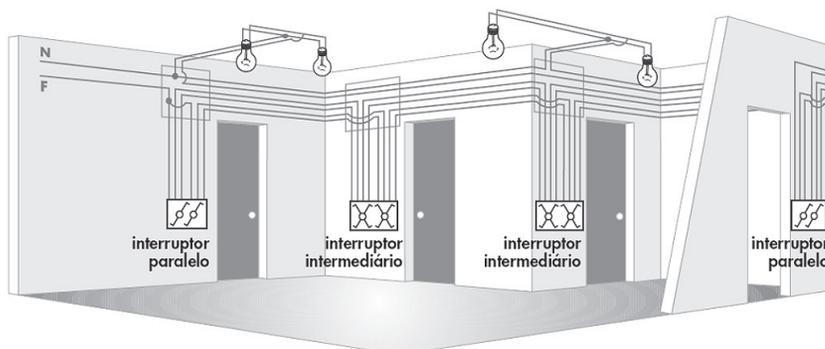
- Compare os dois tipos de sistema de comando de lâmpadas utilizados:
- Instalação atual, utilizando relé de impulso.

Observe a considerável diminuição de condutores no mesmo ambiente.



Instalação tradicional, utilizando interruptores paralelos e intermediários.

Observe a grande quantidade de condutores utilizados. ■



# 5

## Instalação de Tomada



Tomada elétrica é o ponto de conexão que fornece a eletricidade principal para um plugue macho conectado a ela. Os tipos mais comuns possuem três terminais, utilizados em circuitos monofásicos ou bifásicos.

Um ponto de tomada pode conter uma ou mais tomadas de corrente.

A padronização brasileira de tomadas ocorreu em julho de 2011; com isso, todas as tomadas para uso residencial e análogo devem seguir esse padrão, conforme a norma **NBR 14136**.

Veja o que fala a NBR 5410\* sobre tomadas de corrente nos itens descritos a seguir:

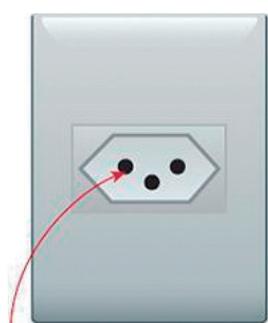
### 6.5.3 Tomadas de corrente e extensões

6.5.6.1 Todas as tomadas de corrente fixas das instalações devem ser do tipo com contato de aterramento (PE). As tomadas de uso residencial e análogo devem ser conforme NBR 6147 e NBR 14136 e as tomadas de uso industrial devem ser conforme IEC 60309-1.

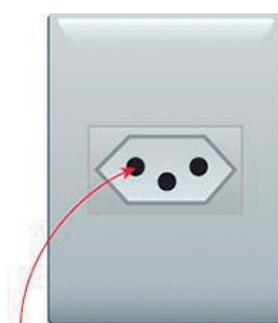
## Padrão Brasileiro de Plugues e Tomadas

### Por que existem tomadas com furos de diâmetros diferentes?

Existem aparelhos que consomem mais energia (até 20 A - Ampères) e aparelhos que consomem menos energia (até 10 A - Ampères). Para ligar os de 20 A, deve-se utilizar tomadas com furos de 4,8 mm de diâmetro e toda instalação elétrica deve estar adequada para ligar este aparelho, ou seja, os fios devem ser de maior seção transversal (grossos) e toda proteção (disjuntor, por exemplo) deve ser dimensionada para este consumo. Para ligar aparelhos de menor consumo (10 A), o fio pode ser mais fino.



**4,0 mm**  
Para aparelhos que operam com amperagem até 10 A



**4,8 mm**  
Para aparelhos que operam com amperagem entre 10 A e 20 A

### Intercambiabilidade (equipamentos classe I e classe II)



Plugue de equipamentos classe I (plugue 2P+T)

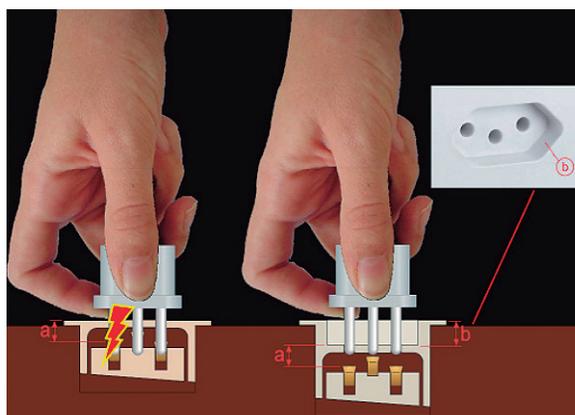


Plugue de equipamentos classe II (plugue 2P)

As dimensões e as distâncias entre os furos da tomada padrão permitem o encaixe de plugues redondos com o formato atual em mais de 80% dos aparelhos atualmente comercializados, garantindo a conectividade dos plugues e das tomadas antigas com os plugues e tomadas padrão.

Saiba mais: Nível de proteção contra choque elétrico (Classes de isolamento)

## Tomadas e plugues - Risco de contatos acidentais



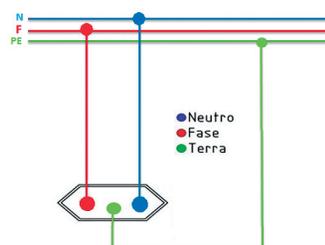
NBR 5410\* - 6.5.3.2 Devem ser tomados cuidados para prevenir conexões indevidas entre plugues e tomadas que não sejam compatíveis.

Em particular, quando houver circuitos de tomadas com diferentes tensões, as tomadas fixas dos circuitos de tensão mais elevada, pelo menos, devem ser claramente marcadas com a tensão a elas provida. Essa marcação pode ser feita por placa ou adesivo, fixado no espelho da tomada. Não deve ser possível remover facilmente essa marcação.

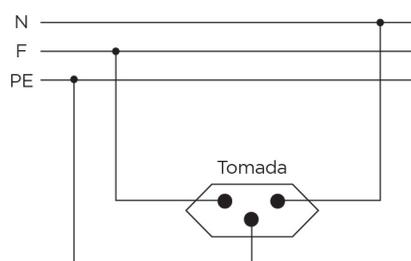
## Padrão de ligação



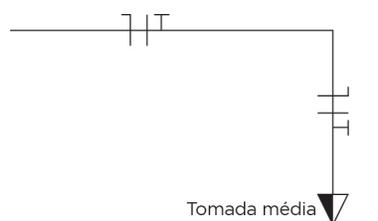
Abaixo, podemos observar o diagrama funcional de uma tomada de corrente.



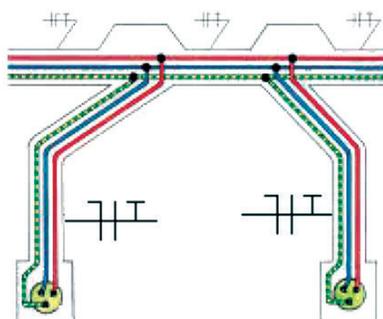
Logo a seguir, vemos o seu diagrama multifilar.



E, finalmente, temos abaixo a representação unifilar do circuito.



É representado na figura a seguir como ficam os condutores (fios) dentro dos eletrodutos.



\* NBR 5410 - Norma Brasileira Regulamentadora de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão. ■



unidade

7

Dispositivos de  
proteção e  
manobra

# 1

## Disjuntor Termomagnético

A **NBR 5410:2004**, **item 3.2, 5.2, 5.3 e 5.4**, estabelece as prescrições fundamentais destinadas a garantir a segurança de pessoas, animais domésticos e bens contra os perigos e danos que possam resultar da utilização das instalações elétricas em condições previstas.

### Proteção contra Efeitos Térmicos

“As pessoas, bem como os equipamentos e materiais fixos adjacentes a componentes da instalação elétrica, devem ser protegidas contra os efeitos térmicos prejudiciais que possam ser produzidos por esses componentes, tais como (5.2.1):

- Risco de queimaduras;
- Combustão ou degradação dos materiais;
- Comprometimento da segurança de funcionamento dos componentes instalados.

### Proteção contra Sobrecorrentes

- Proteção contra correntes de sobrecargas;
- Proteção contra correntes de curto-circuito;
- Proteção dos condutores de fase;
- Proteção do condutor neutro.

### Terminologias

#### Sobrecorrentes

São correntes elétricas cujos valores excedem o valor da **corrente nominal**. As sobrecorrentes são originadas por:

- Solicitação do circuito acima das características do projeto (sobrecargas);
- Falta elétrica (curto-circuito).

## Correntes de Sobrecarga

As **correntes de sobrecargas** são caracterizadas pelos seguintes fatores:

- Provocam, no circuito, correntes superiores à corrente nominal;
- Solicitações dos equipamentos acima de suas capacidades nominais;
- Cargas de potência nominal acima dos valores previstos no projeto.

As sobrecargas são extremamente prejudiciais ao sistema elétrico, que provocam a elevação da corrente do circuito a valores que podem chegar até, no máximo, dez vezes a corrente nominal, produzindo com isso efeitos térmicos altamente danosos aos circuitos.

## Corrente de Curto-Circuito

As correntes de curtos-circuitos são provenientes de falhas ou defeitos graves da instalação, tais como:

- Falha ou rompimento da isolação entre fase e terra;
- Falha ou rompimento da isolação entre fase e neutro;
- Falha ou rompimento da isolação entre fases distintas.

E, como consequência, produzem correntes extremamente elevadas, na ordem de 1.000 a 10.000 do valor da corrente nominal do circuito.

## Proteção contra Sobrecorrentes

### Disjuntores Termomagnéticos

#### Introdução

Os **disjuntores** são dispositivos que garantem, simultaneamente, a **manobra** e a **proteção** contra **correntes de sobrecargas** e contra **correntes de curto-circuito**.

Numa instalação elétrica residencial, comercial ou industrial, o importante é garantir as condições ideais de funcionamento do sistema sob quaisquer condições de operação, protegendo os equipamentos e a rede elétrica de acidentes provocados por alteração de corrente.



Disjuntor termomagnético - UNIC

Minidisjuntores sistema N

Em resumo, os disjuntores cumprem três funções básicas:

- Abrir e fechar os circuitos (manobra).
- Proteger a fiação, ou mesmo os aparelhos, contra sobrecarga por meio do seu dispositivo térmico.
- Proteger a fiação contra curto-circuito por meio do seu dispositivo magnético.

### Vantagem

Permite o religamento sem necessidade de substituição de componentes.

### Característica do Disjuntor

Caso o defeito na rede persistir no momento do religamento, o disjuntor desliga novamente. Ele não deve ser manobrado até que se elimine o problema do circuito.

**Atenção:** Os disjuntores termomagnéticos (DTM) devem ser ligados aos **condutores fase** dos circuitos

### Funcionamento

O **disjuntor** mais utilizado para **proteção e manobra de circuitos de iluminação e tomadas** é do tipo “**quick-lag**”, no qual um disparador ou dispositivo de **proteção térmica** funciona de acordo com o princípio do bimetal, que se baseia na dilatação de duas lâminas de metais diferentes (aço e latão, por exemplo), portanto, com coeficientes de dilatação distintos, desligando o circuito na eventualidade de uma **sobrecarga**. No caso de ocorrer um **curto-circuito**, a proteção se faz através de um **disparador magnético bobinado**.

## Características dos Disjuntores

### a – Número de Polos

- Monopolares ou unipolares
- Bipolares
- Tripolares

### b – Quanto à tensão de operação

- Disjuntores de baixa tensão (tensão nominal até 1000 V)
  - Disjuntores em caixa moldada
  - Disjuntores abertos
- Disjuntores de média e alta tensões (acima de 1.000 V)
  - Vácuo
  - Ar Comprimido
  - Óleo
  - Pequeno volume de óleo (PVO)
  - SF<sub>6</sub> (hexafluoreto de enxofre)

## Dimensionamento de Disjuntores

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

### a - Proteção contra Sobrecarga

A **NBR 5410:2004, item 5.3.4**, diz que “devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de sobrecarga nos condutores dos circuitos antes que ela possa provocar um aquecimento prejudicial à isolação, aos terminais ou às vizinhanças das linhas”. E, para que ocorra uma perfeita coordenação entre o dispositivo de proteção e os condutores, deve satisfazer as duas seguintes condições:

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

$$I_c$$

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

$$I_c$$

**Sendo:**

$I_p$  - Corrente de projeto do circuito, em ampere (A). (**a norma NBR 5410/90 trata como  $I_b$** ).

$I_n$  - Corrente nominal do **dispositivo de proteção** nas condições previstas para a sua instalação, (equivalente a  $I_{nd}$  - corrente do disjuntor;  $I_{nr}$  - corrente do fusível), em ampere (A).

$I_z$  - Capacidade de **condução de corrente dos condutores** vivos do circuito nas condições previstas para a sua instalação, submetidos aos fatores de correção eventuais, em amperes) (A).

$I_c$  - Capacidade de condução de corrente dos condutores, em amperes) (A).

$I_2$  - Corrente que assegura efetivamente a atuação do dispositivo de proteção; na prática, a corrente  $I_2$  é considerada a corrente convencional de atuação para disjuntores.

**Nota:** A condição “b” é aplicável quando for possível assumir que a temperatura-limite de sobrecarga dos condutores não seja mantida por um tempo superior a 100 h durante 12 meses consecutivos ou por 500 h ao longo da vida do condutor. Quando isso não ocorrer, a condição “b” fica substituída por:  $I_2 \leq I_z$ .

As **correntes** características do conjunto **condutores-dispositivos** de proteção devem atender às seguintes condições (ver figura 1):

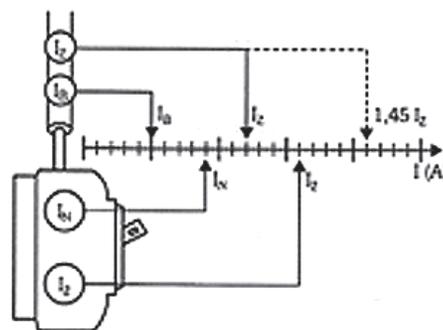


Figura 1

A corrente nominal do dispositivo de proteção,  $I_n$ , não deve ser inferior à corrente de projeto do circuito,  $I_p$ ; assim, evita-se a atuação do dispositivo quando o circuito funciona normalmente.

A corrente nominal do dispositivo de proteção,  $I_n$ , não deve ser superior à capacidade de condução de corrente,  $I_z$ , dos condutores; assim, o disjuntor deve ficar “sobrecarregado” quando ocorrer uma sobrecarga no circuito.

A corrente de projeto do circuito,  $I_b$ , não deve ser superior à capacidade de condução de corrente dos condutores,  $I_z$ .

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

A **tabela 1** mostra os valores da corrente convencional de atuação ( $I_2$ ).

**Tabela 1:** Correntes convencionais de atuação, de não-atuação, e tempos convencionais para disjuntores termomagnéticos

Tipo de Disparador Térmico	Corrente Nominal ou de Ajuste $I_n$ (A)	Corrente Convencional de Não Atuação	Corrente Convencional de Atuação	Tempo Convencional (h)	Temperatura Ambiente de Referência
<b>De acordo com a IEC 947</b>					
Não compensado	$I_n \leq 63$	1,05	1,35	1	20°C ou 4°C salvo indicação
	$I_n > 63$	1,05	1,25	2	em contrário
Compensado	$I_n \leq 63$	1,05	1,30	1	+20°C
		1,05	1,40	1	-5°C
		1,00	1,30	1	+40°C
	$I_n > 63$	1,05	1,25	2	+20°C
		1,05	1,35	2	-5°C
		1,00	1,25	2	+40°C
<b>De acordo com a NBR 5361</b>					
	$I_n \leq 50$	1,05	1,35	1	25°C
	$I_n > 50$	1,05	1,35	2	

Nota: A temperatura de referência para disjuntores termomagnéticos padrão norte-americano é geralmente de 25°C ou é de 20°C ou 40°C.

## Tabelas de Capacidade dos Disjuntores Termomagnéticos

Modelo	Corrente Nominal (A)	Modelo	Corrente Nominal (A)	Modelo	Corrente Nominal (A)
Unipolar		Bipolar		Tripolar	
	10 15 20 25 30 35 40 50 60 70		10 15 20 25 30 35 40 50 60 70 90 100		10 15 20 25 30 35 40 50 60 70 90 100

Disjuntores termomagnéticos UNIC

Fonte: Pial-Legrand/Bticino.

## Características elétricas dos disjuntores UNIC

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

Tabela 2

## Minidisjuntores - MDW e MDWH Cortesia: WEG

Referência	Corrente	Curva	Código WEG	Referência	Corrente	Curva	Código WEG
-	-	-	-	MDW-C2	2 A	C	10076381
-	-	-	-	MDW-C4	4 A	C	10076389
MDW-B6	6 A	B	10076396	MDW-C6	6 A	C	10076397
MDW-B10	10 A	B	10076404	MDW-C10	10 A	C	10076405
MDW-B16	16 A	B	10076412	MDW-C16	16 A	C	10076413
MDW-B20	20 A	B	10076420	MDW-C20	20 A	C	10076421
MDW-B25	25 A	B	10076428	MDW-C25	25 A	C	10076429
MDW-B32	32 A	B	10076436	MDW-C32	32 A	C	10076437
MDW-B40	40 A	B	10076444	MDW-C40	40 A	C	10076445
MDW-B50	50 A	B	10076452	MDW-C50	50 A	C	10076453
MDW-B63	63 A	B	10076460	MDW-C63	63 A	C	10076461
MDW-B70	70 A	B	11134694	MDW-C70	70 A	C	11134789
MDW-B80	80 A	B	10076468	MDW-C80	80 A	C	10076469
MDW-B100	100 A	B	10075742	MDW-C100	100 A	C	10075743
MDW-B125	125 A	B	11807321	MDW-C125	125 A	C	11807325

Tabela 3

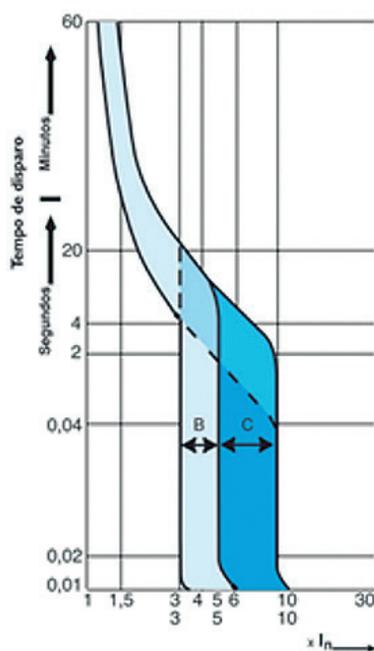
## Curvas de Disparo

### Curva B

O minidisjuntor de curva B tem como característica principal o disparo instantâneo para correntes entre 3 a 5 vezes a corrente nominal. Sendo assim, são aplicados principalmente na proteção de circuitos com características resistivas ou com grandes distâncias de cabos envolvidas. Ex.: lâmpadas incandescentes, chuveiros, aquecedores elétricos, etc.

### Curva C

O minidisjuntor de curva C tem como característica o disparo instantâneo para correntes entre 5 a 10 vezes a corrente nominal. Sendo assim, são aplicados para a proteção de circuitos com instalação de cargas indutivas. Ex.: lâmpadas fluorescentes, geladeiras, máquinas de lavar, etc. ■



# 2

## Exemplos de Dimensionamento

### Exemplo 1

Dimensionar os condutores e o disjuntor para proteção de um circuito de chuveiro com as seguintes características:  $S = 5400\text{VA}$ ;  $V = 220\text{V}$ , com dois condutores carregados, sendo utilizados condutores isolados de cobre com isolação de PVC, instalados em eletroduto embutido em alvenaria (linha B1), onde existe um outro circuito, sendo  $30^\circ\text{C}$  a temperatura ambiente e a distância desde o QD é  $15,0\text{m}$

### Solução

#### 1. Cálculo da Corrente de Projeto

A escolha da seção do condutor, pelo **Critério da Corrente Máxima**, é retirada da **Tabela 5, Coluna 6 (B1, 2cc)**, em função da corrente de projeto calculada.

$$I_p = \frac{S}{E} \rightarrow I_p = \frac{5400}{220} \rightarrow I_p = 24,5\text{A}$$

De acordo com a tabela 5, a seção do condutor é de  $4,0\text{mm}^2$

### Determinação do condutor pelo critério da Queda de Tensão

Admitindo-se uma queda de tensão máxima de 3%, temos que:

$$e\% = 220 \times 0,03 \therefore e\% = 6,6\text{V}$$

$$R_c = \frac{e\%}{I} \therefore R_c = \frac{6,6}{24,5} \therefore R_c = 0,27\Omega$$

$$S = \frac{\rho \times L}{R} \therefore R = \frac{0,017 \times 30}{0,27} \therefore S = 1,89\text{mm}^2$$

O condutor mais próximo acima é o de  $2,5\text{mm}^2$ .

Então, adota-se o condutor de maior seção:  $4,0\text{mm}^2$

## Escolha do Disjuntor

Para a escolha do disjuntor, deve-se levar em consideração dois fatores:

- Se o Quadro de Distribuição (QD) é ventilado e a corrente que circula pelos disjuntores não interfere na temperatura interna do quadro;
- Se o Quadro de Distribuição (QD) é totalmente vedado e a circulação de corrente interfere na temperatura interna do quadro e dos disjuntores.

### Procedimento

a) Disjuntor para quadro de distribuição ventilado:

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$24,5A \leq I_n \leq 32A$$

$$24,5A \leq 25 A \leq 32A$$

Disjuntor bipolar de **25A** que satisfaz a **inequação anterior**.

b) Disjuntor para quadro sem ventilação:

Para este caso, considera-se, além da temperatura ambiente, o acréscimo de 10°C na temperatura, devido à circulação de corrente nos disjuntores. Por falta de FCT (Fator de Correção de Temperatura) para disjuntores, utilizaremos a Tabela 10.14 na coluna ambiente. Alguns fabricantes fornecem os valores corrigidos, mas não tabelas de correção.

Para o cálculo de consideração (temperatura ambiente 30°C mais 10°C referentes à temperatura interna do quadro: 30°C + 10°C = 40°C).

- FCT - Tabela 5 - 40°C - temperatura do disjuntor.
- $I_n$  - valor imediatamente superior à corrente calculada.

Correção de temperatura do disjuntor:

$$I_{disjuntor} = \frac{I_n}{FCT} \rightarrow I_{disjuntor} = \frac{25}{0,87} \rightarrow I_{disjuntor} = 28,78A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$24,5A \leq 30 A \leq 32A$$

A inequação é completamente atendida

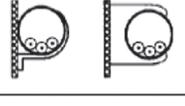
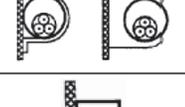
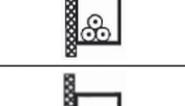
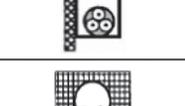
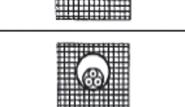
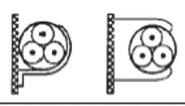
Disjuntor termomagnético bipolar de 30 A

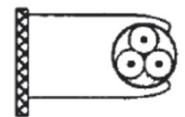
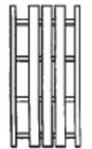
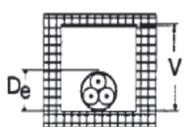
E o condutor permanece o mesmo, ou seja, 4mm<sup>2</sup>

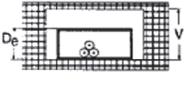
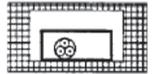
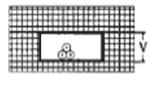
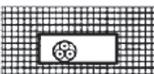
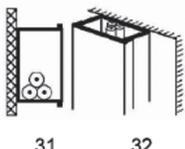
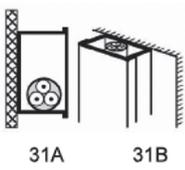
## Fatores de Correção para Dimensionamento de Condutores

Para o dimensionamento de condutores, será necessário efetuar **correções** eventuais, cuja finalidade é adequar cada caso específico às condições de **instalação desses condutores**, em função das **tabelas de capacidade de condução de corrente**, para as quais foram elaboradas.

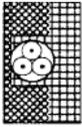
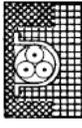
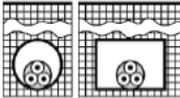
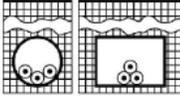
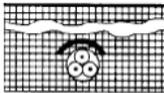
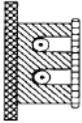
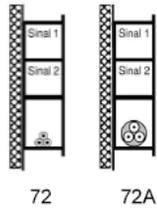
Tabela Tipos de Linhas Elétricas

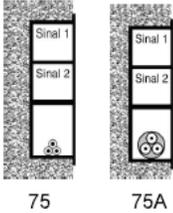
Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência <sup>1)</sup>
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante <sup>2)</sup>	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular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

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência <sup>1)</sup>
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira <sup>3)</sup>	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical <sup>4)</sup>	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela	E (multipolar) F (unipolares)
15		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	E (multipolar) F (unipolares)
16		Cabos unipolares ou cabo multipolar em leito	E (multipolar) F (unipolares)
17		Cabos unipolares ou cabo multipolar suspenso(s) por cabo de suporte, incorporado ou não	E (multipolar) F (unipolares)
18		Condutores nus ou isolados sobre isoladores	G
21		Cabos unipolares ou cabos multipolares em espaço de construção <sup>5)</sup> , sejam eles lançados diretamente sobre a superfície do espaço de construção, sejam instalados em suportes ou condutos abertos (bandeja, prateleira, tela ou leito) dispostos no espaço de construção <sup>5) 6)</sup>	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência <sup>1)</sup>
22		Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção <sup>5) 7)</sup>	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
23		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção circular em espaço de construção <sup>5) 7)</sup>	B2
24		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção <sup>5)</sup>	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
25		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção <sup>5)</sup>	B2
26		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria <sup>5)</sup>	$1,5 \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1
27		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria	B2
31 32		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B1
31 <sup>a</sup> 32 <sup>a</sup>		Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B2

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência <sup>1)</sup>
33		Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada embutida no piso	B1
34		Cabo multipolar em canaleta fechada embutida no piso	B2
35		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)	B1
36		Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)	B2
41		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical <sup>7)</sup>	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
42		Condutores isolados em eletroduto de seção circular contido em canaleta ventilada embutida no piso	B1
43		Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada embutida no piso	B1
51		Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante <sup>2)</sup>	A1

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência <sup>1)</sup>
52		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional	C
53		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica adicional	C
61		Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)	D
61A		Cabos unipolares em eletroduto (de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a) <sup>8)</sup>	D
63		Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), com proteção mecânica adicional <sup>9)</sup>	D
71		Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura	A1
72 72A		72 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta provida de separações sobre parede 72A - Cabo multipolar em canaleta provida de separações sobre parede	B1 B2
73		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de porta	A1

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência <sup>1)</sup>
74		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de janela	A1
75 75A		75 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta embutida em parede 75A - Cabo multipolar em canaleta embutida em parede	B1 B2

**Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D.**

**Condutores: cobre e alumínio**

**Isolação: PVC**

**Temperatura no condutor: 70°C**

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

Seções nominais mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
<b>Cobre</b>												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652
<b>Alumínio</b>												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1 000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

**Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D**

**Condutores: cobre e alumínio**

**Isolação: EPR ou XLPE**

**Temperatura no condutor: 90°C**

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

Seções nominais mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
<b>Cobre</b>												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596
800	885	792	805	721	1 158	1 020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1 014	908	923	826	1 332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767
<b>Alumínio</b>												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1 000	812	712	739	648	1 061	955	870	780	1 108	950	706	598

## Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

Temperatura ambiente de referência: 30°C

Seções nominais dos condutores mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares <sup>1)</sup>				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
Método E	Método E	Método F	Método F	Método F		Método G	Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	11	9	11	8	9	12	10
0,75	14	12	14	11	11	16	13
1	17	14	17	13	14	19	16
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	715	597	754	656	689	852	795
500	826	689	868	749	789	982	920
630	958	798	1005	855	905	1138	1070
800	1118	930	1169	971	1119	1325	1251
1 000	1 292	1 073	1 346	1 079	1 296	1 528	1 448
Alumínio							
16	73	61	73	62	65	84	73
25	89	78	98	84	87	112	99
35	111	96	122	105	109	139	124
50	135	117	149	128	133	169	152
70	173	150	192	166	173	217	196
95	210	183	235	203	212	265	241
120	244	212	273	237	247	308	282
150	282	245	316	274	287	356	327
185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447

Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para cabos não enterrados e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas - FCT - (Tabela 40 da NBR 5410:2004). ■

Temperatura °C	Isolação			
	PVC	EPR ouXLPE	PVC	EPR ouXLPE
	Ambiente		do Solo	
10	1,22	1,15	1.10	1.07
15	1,17	1,12	1.05	1,04
20	1,12	1.08	-	-
25	1,06	1.04	0,95	0,96
30	-	-	0,89	0,93
35	0,94	0,96	0,84	0,89
40	0,87	0,91	0,77	0,85
45	0,79	0,87	0,71	0,80
50	0,71	0,82	0,63	0,76
55	0,61	0,76	0,55	0,71
60	0,50	0,71	0,45	0,65
65	-	0,65	-	0,60
70	-	0,58	-	0,53
75	-	0,50	-	0,46
80	-	0,41	-	0,38

# 3

## Fusíveis

### Introdução

Dentre todos os dispositivos de proteção conhecidos, o **fusível** é o mais simples construtivamente. Apesar disso, é importante observar que são elementos mais fracos (de seção reduzida), propositadamente intercalados no circuito, para interrompê-lo sob condições anormais.

## Características Elétricas

Das grandezas elétricas, são as seguintes as mais importantes no dimensionamento:

- **A corrente nominal** deve ser aquela que o fusível suporta continuamente.
- **A corrente de curto-circuito** é a máxima que pode circular no circuito sem provocar danos à instalação, e que deve ser desligada instantaneamente.
- **A tensão nominal** dimensiona a isolação do fusível.
- **A resistência de contato** depende do material e da pressão exercida. A resistência de contato entre a base e o fusível é a responsável por eventuais aquecimentos, devido à resistência oferecida na passagem da corrente.
- A instalação dos fusíveis deve processar-se sem perigo para o operador.
- A montagem deve ser feita em bases que evitem a substituição de um fusível por outro de grandeza inadequada.

**Atenção:** Não se permite o uso de fusíveis consertados ou remendados, em virtude de não haver outro fusível de valor adequado para a substituição. Se o fusível estiver queimado, procure a causa.

## Tipos de Fusível

- Segundo a tensão de alimentação: baixa tensão ou alta tensão;
- Segundo a característica de desligamento: efeito rápido ou efeito retardado.

### Fusíveis de Baixa Tensão

**Diazed:** são usados preferencialmente na proteção dos condutores de redes de energia elétrica e circuitos de comando. Podem ser do tipo rápido ou retardado.



### Acessórios para fusíveis Diazed

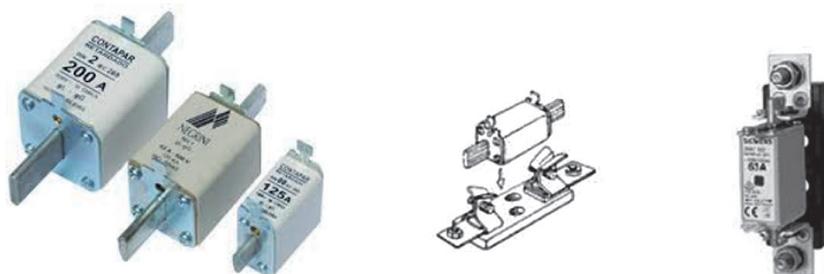
- **Tampa:** a peça na qual o fusível é encaixado, permitindo colocar e retirá-lo da base, mesmo com a instalação sob tensão.
- **Anel de proteção:** protege a rosca metálica da base aberta, isolando-a contra a chapa do painel e evita choques acidentais na troca dos fusíveis.
- **Fusível:** a peça principal do conjunto, constituído de um corpo cerâmico, dentro do qual está montado o elo do fusível, e é preenchido com areia especial, de quartzo, que extingue o arco voltaico em caso de fusão. Para facilitar a identificação do fusível, existe um indicador que tem as cores correspondentes às correntes nominais dos fusíveis. Esse indicador se desprende em caso de queima, sendo visível através da tampa.
- **Parafuso de ajuste:** construído em diversos tamanhos, de acordo com a corrente dos fusíveis. Colocados nas bases, não permitem a montagem de fusíveis de corrente maior do que a prevista. A colocação dos parafusos de ajuste é feita com a chave 5SH3-700-B.
- **Base:** a peça que reúne todos os componentes do conjunto. Pode ser fornecida em duas execuções: normal, para fixar por parafusos, e com dispositivo de fixação rápida, sobre trilho de 35mm.

### Fusíveis NH

Os fusíveis limitadores de corrente **NH** reúnem as características de fusível retardado para correntes de sobrecarga e de fusível rápido para correntes de curto-circuito.

Os fusíveis **NH** também são próprios para proteger os circuitos que, em serviço, estão sujeitos às sobrecargas de curta duração, como, por exemplo, acontece na partida direta de motores trifásicos com rotor em gaiola.

Os fusíveis **NH** têm os contatos (facas) prateados - o que proporciona perdas muito reduzidas no ponto de ligação - e o corpo de esteatita para garantir a segurança total.



Fusíveis tipo NH

## NH

**N** – Baixa tensão

**H** – Alta capacidade de interrupção

**Categoria de utilização:** gG (para aplicação geral e com capacidade de interrupção em toda zona tempo-corrente).

- **Tensão nominal:** 500 VCN250 VCC.
- **Capacidade de interrupção nominal:** 120 kA até 500 VCA; 100 kA até 250 VCC.

## Acessórios para fusíveis NH

- **Base:** possui contatos especiais prateados, que garantem contato perfeito e alta durabilidade. Uma vez retirado o fusível, a base constitui uma separação visível das fases, tomando-se dispensável, em muitos casos, a utilização de um seccionador adicional.
- **Punho:** destina-se à colocação ou retirada dos fusíveis NH de suas respectivas bases, mesmo sob tensão.

**Atenção:** Deve-se **evitar** o uso dos fusíveis tipo **Cartucho e Rolha**, pois, devido à pouca ou nenhuma segurança proporcionada por eles, esses fusíveis deveriam ser fabricados somente em caso de substituição ou reposição, e suas bases, há anos, deveriam fazer parte de museus de eletricidade.

## Característica de Desligamento

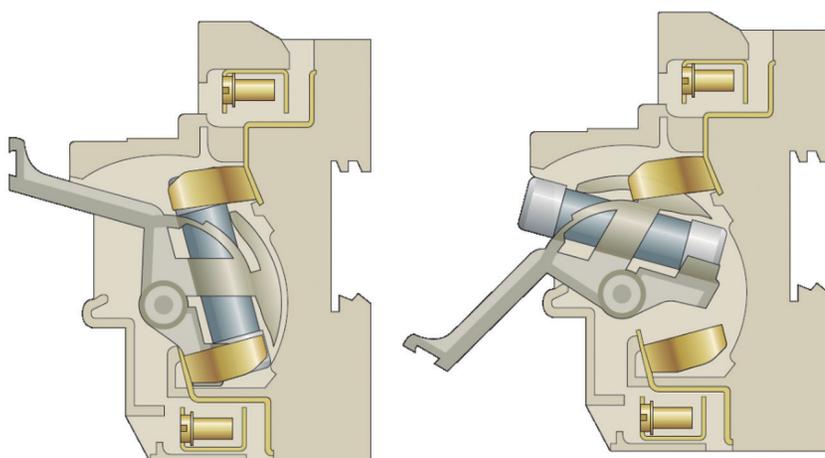
- **Efeito rápido:** destina-se a circuitos em que não ocorre variação considerável de corrente entre a fase de partida e a de regime normal de funcionamento. **Exemplo:** cargas resistivas, cargas que funcionam com semicondutores, etc.
- **Efeito retardado:** destina-se a circuitos cuja corrente de partida é várias vezes superior à corrente nominal. O retardamento é obtido por um acréscimo de massa na parte central do elo, em que ele apresenta menor seção condutora e, conseqüentemente, dar-se-á a fusão. Esse acréscimo de massa absorve, durante um certo tempo, parte do calor que se desenvolve na seção reduzida do elo, retardando a elevação de temperatura, cujo valor limite superior é a temperatura de fusão do metal usado no elo. **Exemplo:** motores, etc.

## Precauções a Serem Tomadas nas Substituições de Fusíveis

- Nunca utilizar um fusível de capacidade de corrente superior ao projetado para a instalação nem por curto período de tempo.
- Na falta do fusível, no momento da troca, **jamais** faça algum tipo de “remendo”, supondo que a instalação estará protegida.
- No lugar do fusível que “queimou”, podemos colocar um fusível de capacidade de corrente menor até que seja providenciado o correto.
- Se o rompimento do fusível se deu por sobrecarga, fazer um levantamento de carga do circuito para redimensioná-lo.
- Se foi por curto-circuito a causa do rompimento do fusível, proceder ao reparo na instalação antes da substituição do fusível.
- Na eventualidade de ainda se utilizarem porta-fusíveis do tipo rolha, **não** colocar moeda para substituir o fusível rompido. O procedimento correto para esse caso é a substituição por disjuntor.
- Na substituição de fusíveis do tipo cartucho (virola ou de lâmina ou faca), desligar a chave geral e lixar os contatos antes da troca.

**SEGUNDO A NBR 5410**

6.3.4.1.3 Os dispositivos fusíveis destinados a uso por pessoas que não sejam advertidas nem qualificadas, incluindo ações de substituição ou de retirada dos fusíveis, devem ter características construtivas que atendam às prescrições de segurança da NBR IEC 60269-3.

**Proteção contra contatos acidentais  
(exemplo do dispositivo fusível)**



unidade

8

# Divisão das instalações elétricas

# 1

## Iluminação

### Cargas dos Pontos de Utilização

Cada aparelho de utilização (lâmpadas, aparelhos de aquecimento, eletrodomésticos, etc.) necessita, para o seu funcionamento, de uma determinada potência, a qual é solicitada da rede de energia elétrica da concessionária

**O objetivo da previsão de cargas é determinar todos os pontos de utilização de energia elétrica (pontos de consumo ou cargas) que terão parte da instalação.**

### Previsão de Cargas, conforme a NBR 5410:2004

A Norma NBR 5410:2004 estabelece as condições mínimas que devem ser tomadas com relação à determinação das potências, bom como as quantidades “aplicáveis a locais utilizados como habitação, fixa ou temporária, compreendendo as unidades residenciais como um todo e, no caso de hotéis, motéis, *flats*, *apart-hotéis*, casas de repouso, condomínios, alojamentos e similares, as acomodações destinadas aos hóspedes, aos internos, e a servir de moradia a trabalhadores do estabelecimento”.

### Iluminação

#### Métodos para o Cálculo de Iluminação

Os principais requisitos para o cálculo da iluminação estão relacionados com a quantidade e qualidade da iluminação de uma determinada área, seja de trabalho, lazer ou simples circulação.

Existem vários métodos para o cálculo da iluminação. São os seguintes:

1. Pela carga mínima exigida pela norma NBR 5410:2004;
2. Pelo método dos lúmens;

3. Pelo método das cavidades zonais;
4. Pelo método do ponto por ponto;
5. Pelos métodos dos fabricantes: PHILIPS, GE, LUMICENTER, etc.

**Notas:**

1. Os cálculos de iluminação podem ser feitos com auxílio da informática, possibilitando, para as situações mais complexas, soluções rápidas e precisas.
2. O objetivo deste livro é fornecer informações básicas sobre conceitos e grandezas de luminotécnica. Caso necessite de informações mais aprofundadas sobre esse assunto, consulte as literaturas específicas ou entre em contato com os fabricantes de lâmpadas e luminárias. Vamos nos limitar apenas ao que diz a norma NBR 5410:2004 sobre residencial.

**A NBR 5410:2004 - 9.5.2.1 - estabelece os seguintes critérios para iluminação:**

1. A Quantidade Mínima de Pontos de Luz deve atender às seguintes condições
  - ▶ Em cada cômodo ou dependência, deve ser previsto, pelo menos, um ponto de luz no teto, comandado por interruptor (9.5.2.1.1).

**Notas:**

1. Nas acomodações de hotéis, motéis e similares pode-se substituir o ponto de luz fixo no teto por tomada de corrente, com potência mínima de 100 VA, comandada por interruptor de parede.
2. Admite-se que o ponto de luz fixo no teto seja substituído por ponto na parede em espaços sob escada, depósito, despensas, lavabos e varandas, desde que de pequenas dimensões e onde a colocação do ponto no teto seja de difícil execução ou não conveniente.
  - ▶ Arandelas de banheiros: a norma não faz nenhuma referência a respeito das arandelas de banheiros. No entanto, por critérios práticos, recomenda-se a sua utilização, mantendo uma distância mínima 0,60 m (60 cm) do limite do boxe.

2. As Potências Mínimas de Iluminação devem atender como alternativa à aplicação da ABNT NBR5413.

Conforme prescrito na alínea “a” de 4.2.1.2.2, pode ser adotado o seguinte critério:

a) Em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6m<sup>2</sup>. → Deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA

b) Em cômodos ou dependências com área superior a 6m<sup>2</sup>. → Deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m<sup>2</sup>, acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m<sup>2</sup> internos.

#### Notas:

1. Os valores apurados correspondem à potência destinada à iluminação para efeito de dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas.

2. A NBR 5410:2004 não estabelece critérios para iluminação em áreas externas, ficando a decisão por conta do projetista e do cliente. ■

# 2

## Tomadas

### Recomendações da NBR 5410:2004

Condições para estabelecer a quantidade mínima de Tomadas de Uso Geral (TUG's)

O número de pontos de tomada deve ser determinado em função da destinação do local e dos equipamentos elétricos que podem ser aí utilizados, observando-se, no mínimo, os seguintes critérios (9.5.2.2.1):

---

	<p>Deve ser previsto, pelo menos, um ponto de tomada, próximo ao lavatório. Admitem-se tomadas de corrente, no volume 3 (Área a partir de 60 cm do limite do boxe ou da banheira), desde que elas sejam (9.4.3.2):</p> <p>a. alimentadas individualmente por transformador de separação, de acordo com 5.1.2.4; ou</p> <p>b. alimentadas em SELV (separated extra-low voltage”), uso de extra-baixa tensão, 5.1.2.5; ou</p> <p>c. protegidas por dispositivo DR com corrente diferencial-residual nominal não superior a 30 mA.</p> <p><b>Nenhum interruptor ou tomada de corrente deve ser instalado a menos de 0,60m da porta aberta de uma cabine de banho pré-fabricada (9.1.4.3.3).</b></p>
a) Em banheiros	
<hr/>	
b) Em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos	<p>Deve ser previsto, no mínimo, <b>um ponto de tomada para cada 3,5 m</b>, ou fração, de perímetro, sendo que, acima da bancada da pia, devem ser previstas, no mínimo, duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos (separados).</p>
<hr/>	
c) Em varandas	<p>Deve ser previsto, pelo menos, um ponto de tomada.</p> <p>Nota: Admite-se que o ponto de tomada não seja instalado na própria varanda, mas próximo ao seu acesso, quando a ser usado para alimentação de mais de um equipamento tão uniformemente quanto possível.</p>
<hr/>	
d) Em salas e dormitórios	<p>Deve ser previsto, pelo menos, um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.</p> <p>Nota: Particularmente, no caso de salas de estar, deve-se atentar para a possibilidade de que um ponto de tomada venha a ser usado para a alimentação de mais de um equipamento (Por ex.: tomadas de corrente para televisor, videocassete, DVD, aparelho de TV a cabo, etc.), sendo recomendável equipá-la com a quantidade de tomadas julgada adequada (4.2.1.2.3 -"e").</p>

---

---

e) Em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação devem ser previstos, pelo menos:	Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 2,25 m <sup>2</sup> . Admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até 0,80 m, no máximo, de sua porta de acesso.
	Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m <sup>2</sup> e igual ou inferior a 6m <sup>2</sup> .
	Um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m <sup>2</sup> , devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

---

Em *halls* de serviço, salas de manutenção e salas de equipamentos, tais como casas de máquinas, salas de bombas e locais análogos, deve ser previsto, no mínimo, um ponto de Tomada de Uso Geral. Aos circuitos terminais respectivos, deve ser atribuída uma potência de, no mínimo, 1.000VA.

## Potências atribuíveis aos pontos de tomada

A potência a ser atribuída a cada ponto de tomada é função dos equipamentos que ele pode vir a alimentar, e não deve ser inferior aos seguintes valores mínimos:

---

a) Em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos.	Atribuir, no mínimo, 600 VA por ponto de tomada, até três, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de, no mínimo, 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente.
b) Nos demais cômodos ou dependências.	Atribuir, no mínimo, 100 VA por ponto de tomada.

---

As tomadas de Uso Geral (TUG's) são aquelas em que são ligados aparelhos móveis ou portáteis.



Churrasqueira elétrica



Aquecedor de ambiente



Lavadora de pressão

#### Nota:

A Norma não entra em detalhes de como fazer a conexão direta, se por conectores ou emenda simples. Fica evidente, portanto, que não é permitido conectar chuveiro, torneira elétrica e aquecedores de água com plugues e tomadas.

### Condições para estabelecer a quantidade e potência de Tomadas de Uso Específico (TUE's)

A quantidade de TUE's é estabelecida de acordo com o número de aparelhos de utilização, com corrente nominal superior a 10 A. (9.5.3.1)

Atribuir a potência nominal do equipamento a ser alimentado ou à soma das potências nominais dos equipamentos a serem alimentados (por exemplo: sistema de ar condicionado, hidromassagem, etc.). Quando valores precisos não forem conhecidos, a potência atribuída ao ponto de tomada deve seguir um dos dois critérios: (4.2.1.2.3 - "c"): potência ou soma das potências dos equipamentos mais potentes que o ponto pode vir a alimentar; ou potência calculada com base na corrente de projeto e na tensão do circuito respectivo.

Os pontos de TUE's devem ser localizados, no máximo, a 1,5 m do ponto previsto para a localização do equipamento a ser alimentado. (4.2.1.2.3 - "d")

As tomadas de Uso Específico (TUE's) são aquelas destinadas à ligação de equipamentos fixos ou estacionários, como, por exemplo:

Aquecedor elétrico de água: A Norma diz que a conexão do aquecedor elétrico de água ao ponto de utilização deve ser direta, sem uso de tomada de corrente. (veja figuras).



Chuveiro elétrico



torneira elétrica



Lavadora de louças

## Conclusão

A carga de **iluminação** é determinada em função da **área do cômodo** da residência. A carga de **tomadas** é determinada primeiramente pela quantidade e em função da:

- área do cômodo;
- valor do perímetro;
- valor da área e do perímetro.

## Potências Típicas de Aparelhos Eletrodomésticos

Tabela - Valores de Potências Típicas de Aparelhos Eletrodomésticos

Aparelho	Potência (W)
Aquecedor de água por acumulação:	
• 30 e 50 litros	2.000
• 80 litros	2.500
• 110 e 150 litros	3.000
• 200 litros	4.000
• 300 litros	6.000
• 500 litros	12.000

Aquecedor de água em passagem	6.000
Aquecedor de ambiente	700 a 1.500
Aspirador de pó	750 a 1.100
Batedeira de bolo	70 a 300
Cafeteira	600 a 1.200
Chuveiro	4.000 a 7.500
Condicionador de ar:	
• 7.500 BTU/1975 kcal/h	1.060 a 1.195
• 9.000 BTU/2375 kcal/h	925 a 983
• 10.500 BTU/2625 kcal/h	1.300 a 1.510
• 12.500 BTU/3125 kcal/h	1.560 a 1.700
• 15.000 BTU/3750 kcal/h	1.830
• 18.000 BTU/4500 kcal/h	1.880
• 21.000 BTU/5250 kcal/h	2.220 a 2.290
• 30.000 BTU/7500 kcal/h	3.350

<b>Aparelho</b>	<b>Potência (W)</b>
Congelador (freezer)	300 a 500
Exaustor doméstico	300
Ferro de passar roupa	1.000 a 1250
Fogão residencial	4.000 a 12.000
Forno elétrico	900 a 2.400
Forno de microondas	700 a 1.500
Geladeira doméstica	150 a 400
Lavadora de louças (residencial)	1.200 a 2.000
Lavadora de roupas (residencial)	500 a 1.000
Liquidificador	100 a 250
Micro e impressora	500 a 800
Miniforno	650 a 800
Secadora de roupa (residencial)	1.400 a 6.000
Secador de cabelo portátil	500 a 2.000
Televisor	70 a 300
Torneira elétrica	4.000 a 5.400
Torradeira	2.500 a 3.200
Triturador de lixo residencial	300 a 600
Ventilador portátil	60 a 100



unidade

9

Quadro de  
distribuição  
elétrico

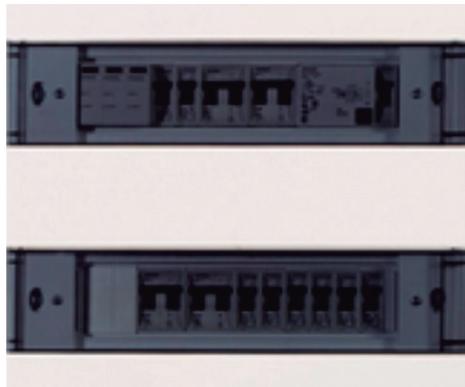
# 1

## Definição

É o **local** onde se **concentra a distribuição** de toda a instalação elétrica, ou seja, onde se instalam os dispositivos de proteção, manobra e comando.

Recebe os condutores do ponto de entrada (ramal de alimentação), que vêm do medidor ou centro de medição.

Dele também partem os circuitos terminais (pontos de utilização), que alimentam as diversas cargas da instalação (lâmpadas, tomadas, chuveiros, torneira elétrica, condicionador de ar, etc.).



### O Que Deve Ser Observado na Sua Montagem

Os dispositivos de proteção, manobra e comando devem ser instalados e ligados segundo as instruções fornecidas pelo fabricante, respeitadas as seguintes prescrições (6.5.4.5):

- **Acessibilidade:** “Todos os componentes instalados no quadro de distribuição devem facilitar sua operação, inspeção, manutenção e acesso às suas conexões. O acesso não deve ser muito reduzido pela montagem dos componentes”. (6.1.4)
- **Identificação dos componentes:** “Placas, etiquetas e outros meios adequados de identificação devem permitir identificar a finalidade

dos dispositivos de comando, manobras e/ou proteção, de forma clara, e de tal forma que a correspondência entre componentes e respectivos circuitos possa ser prontamente reconhecida, evitando qualquer tipo de confusão. Se a atuação de um dispositivo de comando, manobra e/ou proteção não puder ser observada pelo operador e disso puder resultar perigo, deve ser provida alguma sinalização à vista do operador”. (6.1.5.1 e 6.5.4.9)

- **Independência dos componentes:** “Os componentes devem ser escolhidos e dispostos de modo a impedir qualquer influência prejudicial entre as instalações elétricas e não elétricas, bem como entre as instalações elétricas de energia e de sinal da edificação” (6.1.6.1).
- **Componentes fixados na porta:** “Quando houver componentes instalados nas portas ou tampas no QD, tais como condutores e instrumentos, devem ser dispostos de tal forma que os movimentos das portas ou tampas não possam causar danos aos condutores”. (6.5.4.6)
- **Espaço reserva:** “Deve-se prever o espaço reserva para instalações futuras, conforme tabela seguinte:”

Tabela - Quadros de distribuição - Espaço Reserva

(Tabela 59 da NBR 5410:2004)

<b>Quantidade de circuitos efetivamente</b>	<b>Espaço mínimo destinado à reserva (em número de</b>
Até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N > 30	0,15N
<b>Nota:</b> A capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição.	

## Partes Componentes de um Quadro de Distribuição

Dispositivos de proteção: disjuntores termomagnéticos (DTM), disjuntores ou interruptores diferenciais (DR) e dispositivos de proteção contra surtos (DPS);

- Barramentos de interligação das fases;
- Barramento de neutro;
- Barramento de proteção (terra);
- Estrutura: composta de caixa metálica ou de PVC, chapa de montagem dos componentes, isoladores, tampa (espelho) e porta com dobradiça. ■

---

## 2 Localização do Quadro de Distribuição

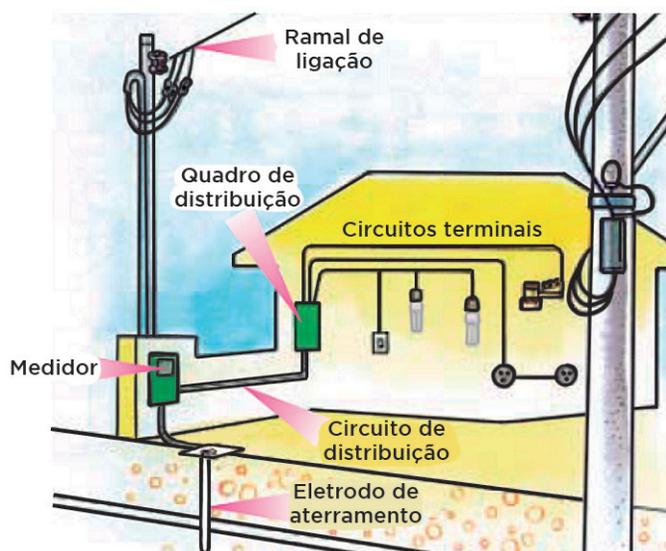
O quadro de distribuição deve ser instalado, observando-se os seguintes critérios:

a. **Em locais de fácil acesso**, de tal forma que possibilite a maior funcionalidade possível da instalação e, ainda, ser providos de identificação do lado externo, legível e não facilmente removível;

b. **“Proximidade geométrica das cargas”**, possibilitando uma simetria entre as cargas da instalação;

c. **“Os quadros de distribuição - QD’s - devem estar próximos aos centros de carga da instalação”**; (**centro de carga** é definido como o ponto ou região onde se verifica a maior concentração de potência);

d. A instalação dos quadros deve ser feita em locais seguros, não permitindo o acesso de terceiros. Cuidar para que eles não sejam submetidos a choques mecânicos.



### Notas:

1. Nos cômodos, **como cozinha e áreas de serviço**, observar para que a instalação do QD não atrapalhe a colocação de armários. A sugestão para a sua instalação é atrás de portas, desde que não seja de correr.
2. No caso de **apartamento ou residência unifamiliar**, o QD deve ser localizado **próximo ao centro geométrico**, em ambiente de serviço ou circulação e em local seguro, de fácil acesso e visível.

### Atenção!

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

## Quantidade de QD's

A quantidade de quadros parciais a ser instalada em um consumidor depende:

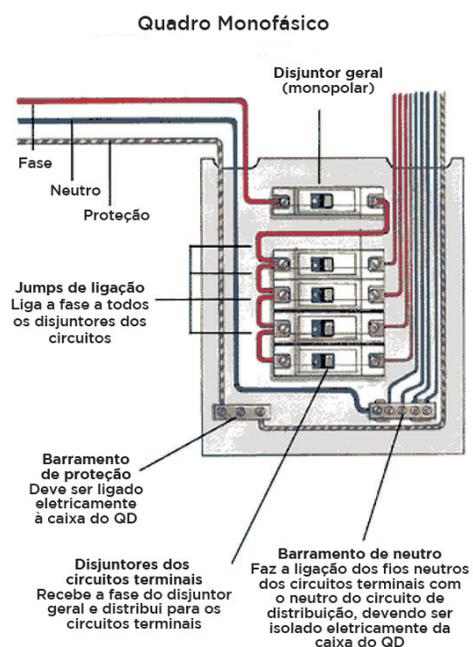
- a. do número de centros de carga (por exemplo: residência unifamiliar: sobrados, triplex, etc.);
- b. do aspecto econômico;
- c. da versatilidade desejada.

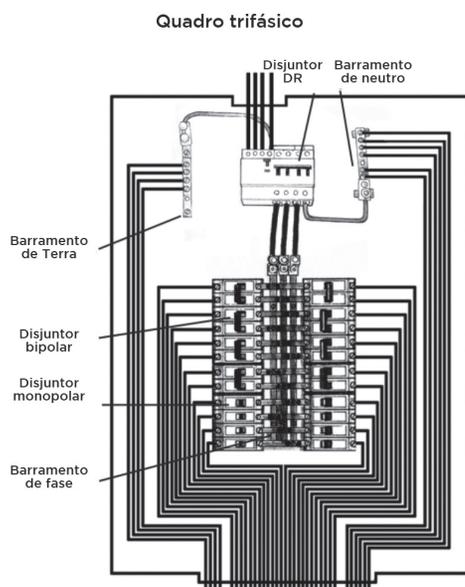
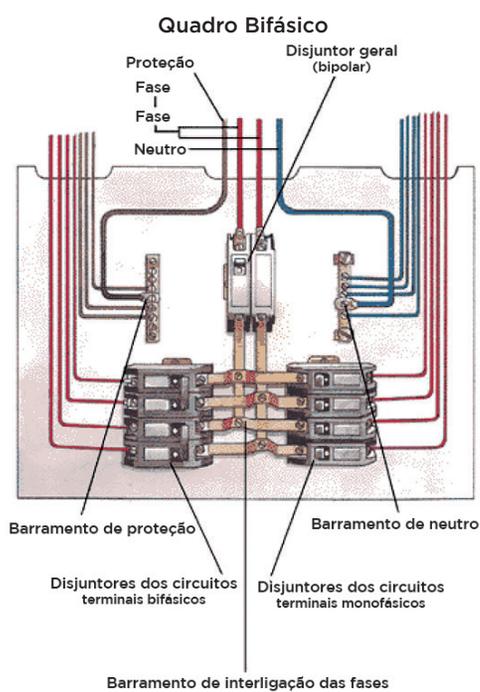
## Tipos de Quadro de Distribuição Principal

Abaixo, vemos alguns modelos de quadros de distribuição em PVC mais utilizados em residências e no comércio.



Em seguida, podemos ver o diagrama funcional dos três tipos de quadros de distribuição elétricos:





### Notas Importantes

A Norma NBR 5410:2004 determina:

1. Que os QD's devem ser manuseados por pessoas suficientemente informadas e com conhecimento técnico;

2. “As instalações para as quais não se prevê equipe permanente de operação, supervisão e/ou manutenção, composta por pessoal advertido ou qualificado (conforme item 1), devem ser entregues acompanhadas de um manual do usuário, redigido em linguagem acessível a leigos, que contenha, no mínimo, os seguintes elementos:

a) esquema(s) do(s) quadro(s) de distribuição, com indicação dos circuitos e respectivas finalidades, incluindo relação dos pontos alimentados, no caso, de circuitos terminais;

b) potências máximas que podem ser ligadas em cada circuito terminal efetivamente disponível;

c) potências máximas previstas nos circuitos deixados como reserva, quando for o caso;

d) recomendação explícita para que não sejam trocados, por tipos com características diferentes, os dispositivos de proteção existentes no(s) quadro(s). *São exemplos de tais instalações as de unidades residenciais, de pequenos estabelecimentos comerciais, etc.”*

3. “Que deverá ser afixado na parte interna da tampa do QD, a seguinte advertência”:

#### Advertência

1. Quando um disjuntor ou fusível atua, desligando algum circuito ou a instalação inteira, a causa pode ser uma sobrecarga ou um curto-circuito. Desligamentos frequentes são sinal de sobrecarga. Por isso, **NUNCA** troque seus disjuntores ou fusíveis por outros de maior corrente (maior amperagem) simplesmente. Como regra, a troca de um disjuntor ou fusível por outro de maior corrente requer, antes, a troca dos fios e cabos elétricos por outros de maior seção (bitola).

2. Da mesma forma, **NUNCA** desative ou remova a chave automática de proteção contra choques elétricos (dispositivo DR), mesmo em caso de desligamentos sem causa aparente. Se os desligamentos forem frequentes e, principalmente, se as tentativas de religar a chave não tiverem êxito, significa, muito provavelmente, que a instalação elétrica apresenta anomalias internas, que só podem ser identificadas e corrigidas por profissionais qualificados. **A desativação ou remoção da chave significa a eliminação de medida protetora contra choques elétricos e risco de vida para os usuários da instalação. ■**