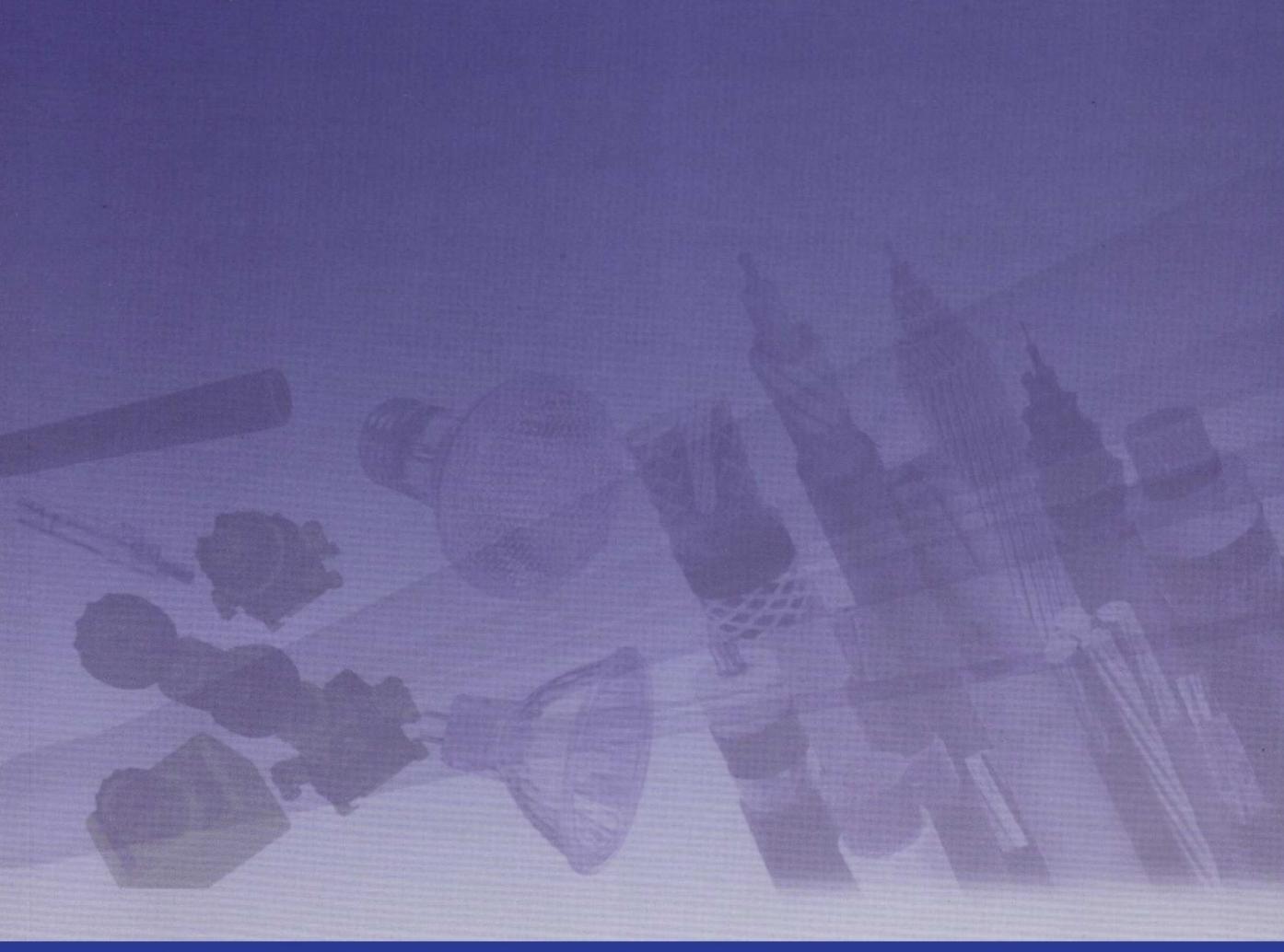


CNI  
SESI  
SENAI  
IEL

**CNI SENAI**



# Instalações Elétricas em Baixa Tensão

## MÁRCIO LUIZ NAGEL

# **Instalações Elétricas em Baixa Tensão Residenciais e Prediais**

**Projeto e Execução**

**Edifícios Residenciais e Comerciais**

**Edifícios Comerciais e Industriais**

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

Armando de Queiroz Monteiro Neto  
**Presidente**

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI  
Conselho Nacional

Armando de Queiroz Monteiro Neto  
**Presidente**

.....

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI  
Departamento Nacional

José Manuel de Aguiar Martins  
**Diretor Geral**

Regina Maria de Fátima Torres  
**Diretora de Operações**

SENAI existir me permitir expandir  
disponibilidade.



Confederação Nacional das Indústrias  
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial  
Departamento Nacional

## Instalações Elétricas em Baixa Tensão Residenciais e Prediais

Márcio Luiz Nagel

Brasília  
2010

É proibida a reprodução total ou parcial deste material por qualquer meio ou sistema sem o prévio consentimento do editor. Material em conformidade com a nova ortografia da língua portuguesa.

**Equipe técnica que participou da elaboração desta obra**

**Coordenação de Educação a Distância**  
Beth Schirmer

**Design Educacional, Ilustração,  
Projeto Gráfico Editorial, Diagramação**  
Equipe de Recursos Didáticos  
SENAI/SC em Florianópolis

**Revisão Ortográfica e Normatização**  
Contextual Serviços Editoriais

**Autor**  
Márcio Luiz Nagel

**Coordenação Projetos EaD**  
Maristela de Lourdes Alves

Ficha catalográfica elaborada por Luciana Effting CRB14/937 - Biblioteca do SENAI/SC Florianópolis

N147i

Nagel, Márcio Luiz

Instalações elétricas em baixa tensão residenciais e prediais / Márcio Luiz Nagel. – Florianópolis : SENAI/SC, 2010.  
98 p. : il. color ; 28 cm.

Inclui bibliografias.

1. Instalações elétricas. 2. Condutores elétricos. 3. Circuitos elétricos. 4. Iluminação elétrica. I. SENAI. Departamento Regional de Santa Catarina. II. Título.

CDU 621.316.17

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial  
Departamento Nacional

Setor Bancário Norte, Quadra 1, Bloco C  
Edifício Roberto Simonsen – 70040-903 – Brasília – DF  
Tel.:(61)3317-9000 – Fax:(61)3317-9190  
<http://www.senai.br>

# Sumário

<b>Plano de Estudos</b>	<b>9</b>		
<b>Apresentação do Curso</b> 11			
<b>12 Unidade de estudo 1</b> Conceitos Básicos			
13	<b>Seção 1</b> - O que é eletricidade?	23	<b>Seção 1</b> - Constituição e tipos
13	<b>Seção 2</b> - Como é gerada a energia elétrica?	23	<b>Seção 2</b> - Importância dos condutores nas instalações
14	<b>Seção 3</b> - Transporte da energia elétrica	24	<b>Seção 3</b> - Composição da isolação
15	<b>Seção 4</b> - Condutores e isolantes	24	<b>Seção 4</b> - Temperaturas máximas
17	<b>Seção 5</b> - Grandezas elétricas básicas	24	<b>Seção 5</b> - Condutos
17	<b>Seção 6</b> - Lei de Ohm	25	<b>Seção 6</b> - Padronização de cores
18	<b>Seção 7</b> - Potência elétrica	25	<b>Seção 7</b> - Condutor de proteção
19	<b>Seção 8</b> - Associação de cargas	26	<b>Seção 8</b> - Especificações dos condutores
		<b>28 Unidade de estudo 3</b> Emendas em Condutores	
29	<b>Seção 1</b> - Desencapando os condutores	29	<b>Seção 1</b> - Desencapando os condutores
29	<b>Seção 2</b> - Emendando os condutores	29	<b>Seção 2</b> - Emendando os condutores
30	<b>Seção 3</b> - Soldando as emendas	30	<b>Seção 3</b> - Soldando as emendas
31	<b>Seção 4</b> - Isolando as emendas	31	<b>Seção 4</b> - Isolando as emendas
		<b>22 Unidade de estudo 2</b> Condutores Elétricos	
32	<b>Unidade de estudo 4</b> Símbologia e Diagramas Elétricos	33	<b>Seção 1</b> - Símbologia para instalações elétricas prediais
34	<b>Seção 2</b> - Diagramas elétricos	34	<b>Seção 2</b> - Diagramas elétricos
		<b>36 Unidade de estudo 5</b> Linha de Alimentação com Clites e Roldanas	
37	<b>Seção 1</b> - Clites e roldanas	37	<b>Seção 1</b> - Clites e roldanas
38	<b>Seção 2</b> - Distâncias padrão	38	<b>Seção 2</b> - Distâncias padrão
40	<b>Seção 3</b> - Amarração	40	<b>Seção 3</b> - Amarração
		<b>42 Unidade de estudo 6</b> Instalações Básicas I	
43	<b>Seção 1</b> - Preparação	43	<b>Seção 1</b> - Preparação
43	<b>Seção 2</b> - Instalação de lâmpada incandescente de 100 W comandada por interruptor simples e tomada de força em base de madeira	43	<b>Seção 2</b> - Instalação de lâmpada incandescente de 100 W comandada por interruptor simples e tomada de força em base de madeira
		<b>Seção 3</b> - Instalação de duas lâmpadas incandescentes de 100 W comandadas por interruptor duplo simples e tomada de força em base de madeira	

43 **Seção 4** - Instalação de lâmpada incandescente de 100 W comandada por interruptor paralelo ou *three-way* em base de madeira

46 **Seção 5** - Instalação de lâmpada incandescente de 100 W comandada por interruptor intermediário ou *four-way* em base de madeira

## 48 Unidade de Estudo 7 Eletrodutos

49 **Seção 1** - Função

49 **Seção 2** - Especificações da norma

50 **Seção 3** - Acessórios

51 **Seção 4** - Abertura de rosca

52 **Seção 5** - Curvamento

## 54 Unidade de Estudo 8 Lâmpadas

## 66 Unidade de Estudo 10 Divisão da Instalação

55 **Seção 1** - Definições

55 **Seção 2** - Características

55 **Seção 3** - Tipos

59 **Seção 4** - Aplicação

67 **Seção 1** - Quadro de distribuição

68 **Seção 2** - Divisão da instalação

69 **Seção 3** - Disjuntores

71 **Seção 4** - Fusíveis

## 62 Unidade de Estudo 9 Iluminação e Tomadas Segundo a NBR 5410/05

63 **Seção 1** - Distribuição da iluminação

63 **Seção 2** - Tomadas de força

# Sumário

## 72 Unidade de Estudo 11

Dimensionamento de  
Condutores Elétricos  
da Instalação

- 73 **Seção 1** - Critério da capacidade de corrente  
77 **Seção 2** - Critério da queda de tensão

## 80 Unidade de Estudo 12

Noções de Potência em Circuitos de Corrente Alternada

- 81 **Seção 1** - Defasagem entre tensão e corrente  
82 **Seção 2** - Potência ativa, reativa e aparente  
83 **Seção 3** - Fator de potência

## 86 Unidade de Estudo 13

Dimensionamento dos Disjuntores

- 87 **Seção 1** - Condições da norma  
87 **Seção 2** - Dimensionamento  
89 **Seção 3** - Disjuntor de entada

## 90 Unidade de Estudo 14

Instalações Básicas II

- 91 **Seção 1** - Instalação de quadro de distribuição monofásico  
91 **Seção 2** - Instalação de interruptor paralelo comandando fotocélula e lâmpada incandescente de 100 W

## Finalizando

95

## Referências

97

# Plano de Estudos

➔ Carga horária: 90 horas

## Ementa

- Materiais e componentes elétricos para instalações prediais/residenciais (condutores, contatores, disjuntores, relés, interruptores, lâmpadas, fusíveis).
- Normas técnicas (instalações de SPDA "Sistema de proteção contra descargas atmosféricas", luminotécnica, instalação predial, ergonomia, fator de potência).
- Leitura e interpretação de projetos elétricos residenciais e prediais.
- Ferramentas manuais (alicate, chave de borne, entre outros).
- Ferramentas elétricas (furadeira, parafusadeira, entre outros).
- Instrumentos e técnicas de medição (multímetro, luxímetro, entre outros).

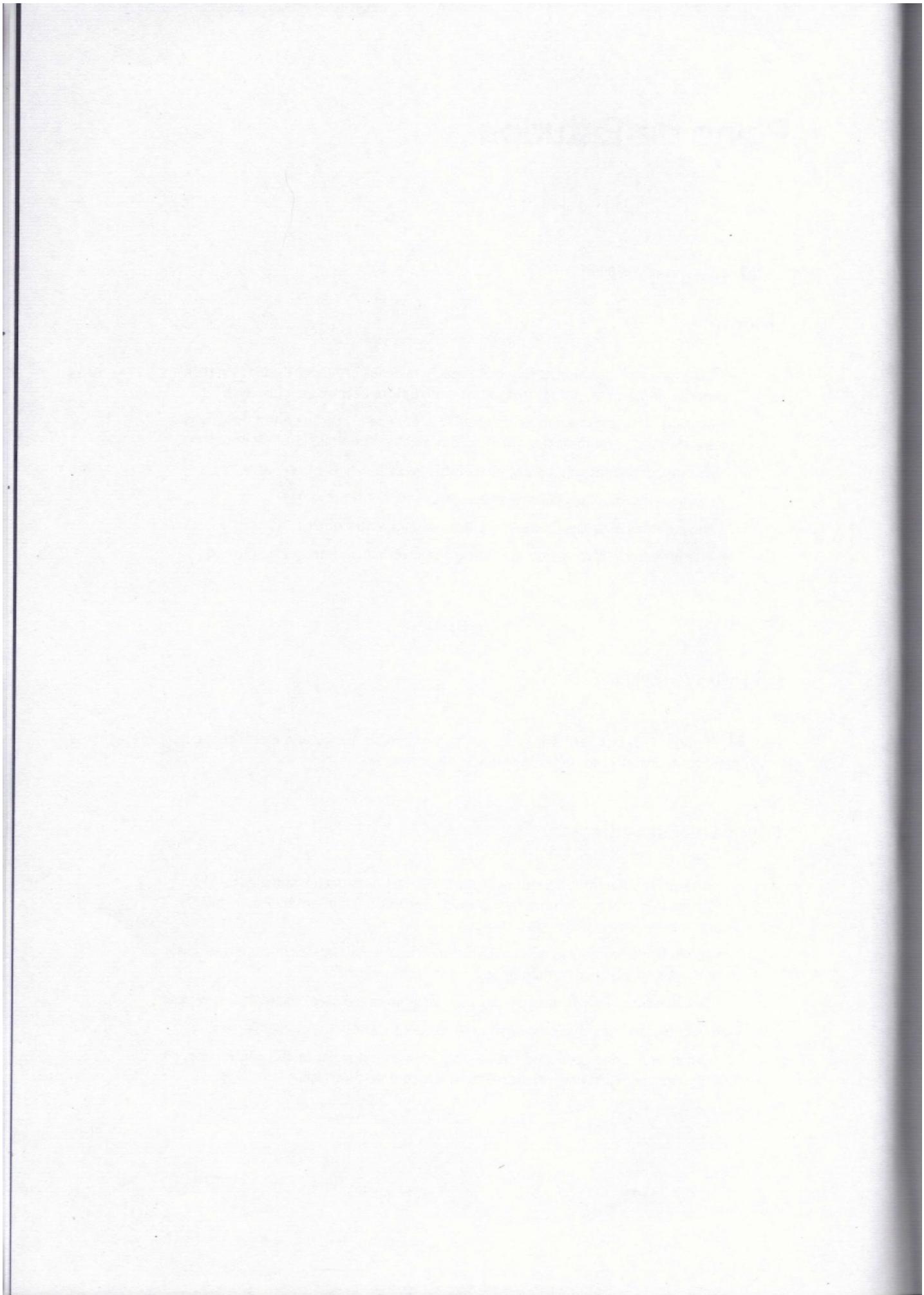
## Objetivos

### Objetivo Geral

➔ Planejar instalações elétricas residenciais e prediais. Executar a montagem e operação de instalações elétricas residenciais e prediais.

### Objetivos Específicos

- Interpretar diagramas elétricos. Aplicar normas técnicas (instalações de SPDA "Sistema de proteção contra descargas atmosféricas", luminotécnica, instalação predial, ergonomia, fator de potência).
- Identificar ferramentas de instalações elétricas. Analisar, identificar e selecionar materiais, dispositivos e máquinas de instalações elétricas.
- Utilizar recursos informatizados para o planejamento da execução das instalações elétricas.
- Definir e acompanhar cronograma da execução da obra e/ou instalações.
- Analisar as condições ambientais, operacionais e de leiaute. Aplicar técnicas de montagens em instalações, dispositivos e máquinas elétricas.



# Apresentação do Curso

Caro aluno,

Bem vindo ao curso Instalações Elétricas em Baixa Tensão Residenciais e Prediais! Aqui, você está convidado a conhecer os materiais, ferramentas, procedimentos e processos utilizados em instalações elétricas de baixa tensão. O simples acionar de um interruptor, a ligação de um eletrodoméstico à tomada, entre outros, dependem da conexão e dimensionamento correto da instalação. Aprender a efetuar estas instalações, com segurança, dentro das normas técnicas é o que você verá neste curso.

Vamos! O que está esperando? Aceite logo o convite e ingresse para valer nesse processo de aprendizagem!

Aproveite!

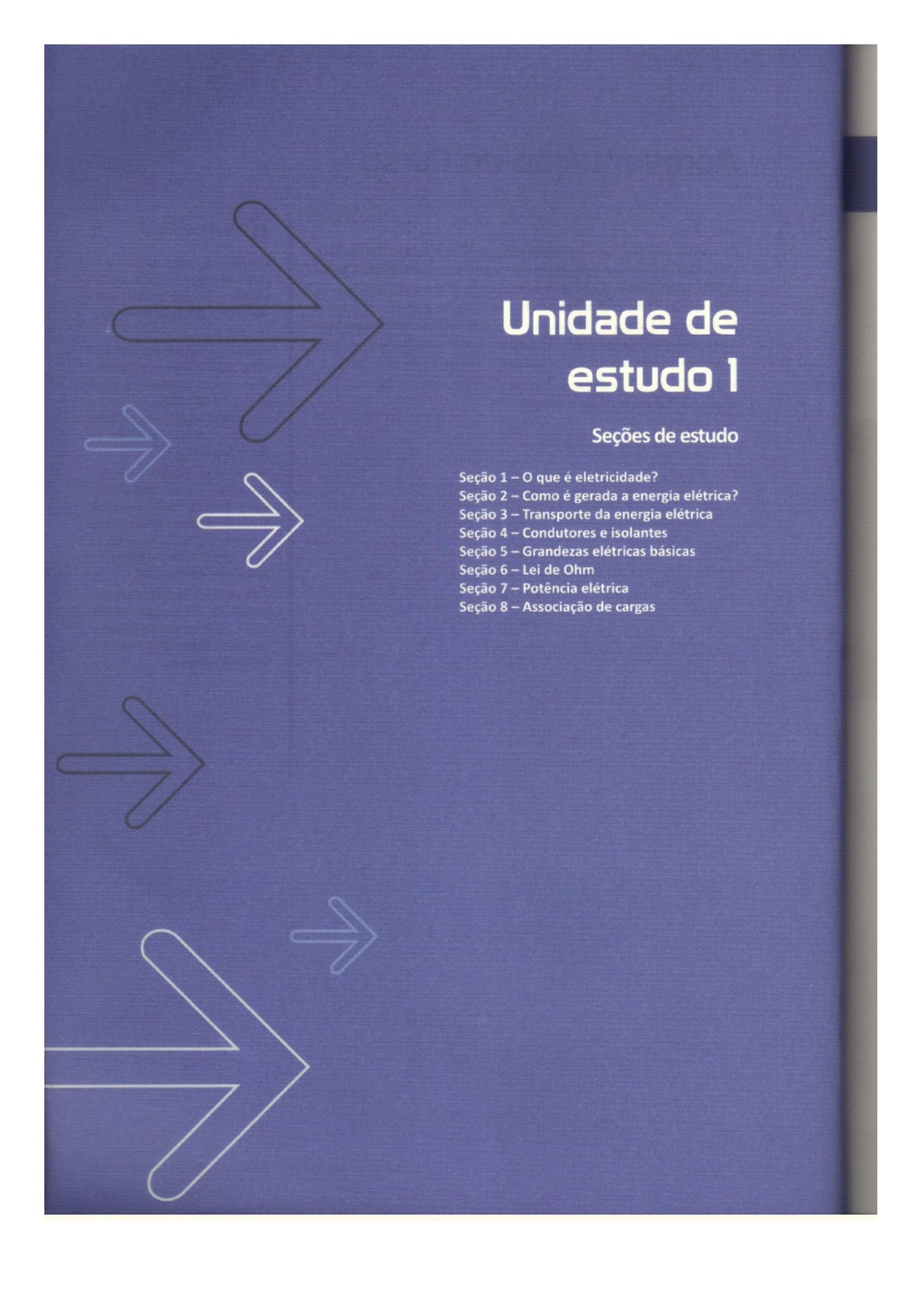
## Márcio Luiz Nagel

Márcio Luiz Nágel foi aluno do curso de aprendizagem de eletricista instalador predial e industrial no SENAI de Blumenau/SC.

Formou-se técnico em eletrônica no ano de 1985, atua na área desde então. Lecionou na escola técnica Hermann Hering de Blumenau, no período de 1994 a 2001. Leciona no SENAI de Blumenau desde 2007.

Trabalhou na RBS TV de Blumenau, no período de 1985 a 1992, como técnico em eletrônica. Atuou no controle de qualidade e desenvolvimento de produto na TASCHIBRA em Indaial/SC no período de 1999 a 2000.

É servidor da Universidade Regional de Blumenau (FURB) desde 2000, lotado no departamento de Engenharia Elétrica e Telecomunicações.



# Unidade de estudo 1

## Seções de estudo

- Seção 1 – O que é eletricidade?
- Seção 2 – Como é gerada a energia elétrica?
- Seção 3 – Transporte da energia elétrica
- Seção 4 – Condutores e isolantes
- Seção 5 – Grandezas elétricas básicas
- Seção 6 – Lei de Ohm
- Seção 7 – Potência elétrica
- Seção 8 – Associação de cargas

# Conceitos Básicos

## SEÇÃO 1

### O que é eletricidade?

Eletricidade é o fenômeno físico associado a cargas elétricas estáticas ou em movimento.

Estamos tão habituados ao seu uso que sequer nos damos conta de que é ela quem permite usufruirmos das comodidades do dia a dia.

Ligar um aparelho de televisão ou ar-condicionado, tomar um banho com água quente, iluminar um ambiente dentro de casa e muitas outras ações corriqueiras se tornaram extremamente simples depois que aprendemos a manusear a **eletricidade**.

A transformação direta da **energia elétrica** em outras formas de energia, assim como a facilidade de transporte da mesma, foram os itens que a transformaram na fonte energética mais utilizada nos dias atuais.

Quando utilizamos o chuveiro, o ferro de passar, o forno elétrico, estamos convertendo energia elétrica em **energia térmica**.

Ao ligarmos uma batedeira, o cortador de grama ou um motor na indústria, estamos convertendo energia elétrica em energia mecânica, realizando trabalho.

A conversão de parte da energia elétrica em energia luminosa se dá através da iluminação em nossas residências, vias terrestres, áreas comerciais e industriais. Mesmo sendo invisível, percebemos os efeitos da energia elétrica em muitas das coisas que nos rodeiam.

Vejamos, agora, como se dá o processo de geração de energia elétrica.

→ **Energia térmica: Calor.**

## SEÇÃO 2

### Como é gerada a energia elétrica?

Podemos obter a energia elétrica de várias maneiras: pela força da queda d'água, no caso das usinas hidrelétricas; pela propulsão do vapor gerado na queima de combustíveis, no caso das termelétricas; pela fricção nuclear, no caso das usinas nucleares; pela força do vento, no caso das **usinas eólicas**; etc.

A figura a seguir mostra uma vista aérea da usina hidrelétrica de Marimbondo, localizada no Rio Grande, entre as cidades de Icém (SP) e Fronteira (MG). A Usina de Marimbondo é a segunda maior potência instalada dentre as usinas de **furnas**, ou seja, de cavernas ou grutas, geralmente, formadas por blocos de pedras.



Figura 1 - Hidrelétrica de Marimbondo

Fonte: Mundo Ciência (2009).

**Usinas eólicas:** Usinas eólicas são aquelas cuja energia advém do vento. O termo *eólico* vem do latim *aeolicus*, pertencente ou relativo a *Éolo* que, na mitologia grega significa *Deus dos ventos*.

→ **PCH's: Pequenas Centrais Hidrelétricas.**

Dentre todas as usinas, a mais utilizada no Brasil para a geração de energia elétrica é a usina hidrelétrica, que utiliza a força d'água para mover as turbinas dos geradores.

O princípio do gerador se baseia no princípio da indução magnética, em que uma espira se movimentando em um campo magnético gera uma tensão induzida através dos seus terminais.

Nos grandes geradores temos enormes eletroímãs criando o campo magnético, o rotor com seus enrolamentos girando nesse campo pela força da água produz energia elétrica induzida.



Figura 2 - Geradores de Itaipu

Fonte: Ghedin (2009).

Na figura da esquerda vemos a turbina de um dos geradores de Itaipu aberta para manutenção. Na figura da direita podemos ver a parte inferior do rotor.

A quantidade de energia gerada depende do tamanho do gerador, este varia com o tamanho dos eletroímãs, o diâmetro dos condutores dos enrolamentos do rotor, etc.

Nas pequenas propriedades que possuem vazão suficiente para a instalação de PCH's encontramos geradores de pequena potência, com tensões de 127 V ou 220 V.

Nas grandes usinas geradoras, a tensão gerada é trifásica podendo chegar até 13,8 kV (13.800 V) com alta capacidade de corrente (quiloampères – kA) e altas potências (megawatts – MW).

Veremos adiante as definições de tensão, cuja unidade é o volt (V); corrente, cuja unidade é o ampère (A); e potência, cuja unidade é o watt (W). Aguarde!

## SEÇÃO 3

### Transporte da energia elétrica

A energia elétrica precisa ser distribuída aos centros consumidores que estão na maioria das vezes milhares de quilômetros distante. Ficaria inviável economicamente transportá-la com as correntes originalmente geradas.

O problema estaria na seção dos condutores envolvidos no transporte da energia, no peso das torres de sustentação, etc., estes custos seriam proibitivos.

Para resolver esse problema, próximo das geradoras é construída a subestação elevadora que converte a tensão de 13,8 kV para uma tensão muito maior (69 kV, 138 kV, 250 kV, etc.), reduzindo, desta forma, a corrente nas linhas de transmissão e possibilitando o uso de fios com seção menor.

Na hidrelétrica de Marimondo, as linhas de transmissão utilizam uma tensão de 500 kV, que integram a usina ao sistema, foram as primeiras a serem construídas no Brasil e a operar dentro da América Latina, o que caracterizou, definitivamente, o total domínio de empresas brasileiras nos campos de projeto, fabricação e construção de empreendimentos ligados ao setor de energia elétrica (FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS, 2009).

Ao chegar aos grandes centros, a tensão é novamente reduzida nas subestações abaixadoras e trafega em 34,5 kV e 13,8 kV, possibilitando, desta forma, um aumento na capacidade de corrente que pode trafegar nas linhas.

Por fim, das subestações abaixadoras a energia segue até nossas residências, passando pelos transformadores instalados nos postes de distribuição, nos quais a tensão é reduzida para a tensão de utilização dos diversos eletrodomésticos instalados.

## SEÇÃO 4

### Condutores e isolantes

O que diferencia um condutor de um isolante?

Os materiais condutores são aqueles que possuem muitos elétrons livres e a ligação destes com o núcleo do átomo é fraca. Quando aplicamos uma força externa (tensão), os elétrons livres podem facilmente se deslocar pelo material, caracterizando um condutor.

Os isolantes possuem poucos elétrons livres e a ligação ao núcleo é forte, precisamos aplicar uma tensão muitas vezes maior para conseguirmos o deslocamento de poucos destes elétrons.

São exemplos de materiais condutores: o cobre, o alumínio e a prata. A borracha, a mica, a cerâmica e o plástico são exemplos de materiais isolantes.

→ **Tensão elétrica:** Ou diferença de potencial.

## SEÇÃO 5

### Grandezas elétricas básicas

Chamamos de **corrente elétrica** o movimento ordenado dos elétrons, cujo símbolo é o **I** e a unidade é o **ampère (A)**.

A força responsável por ordenar o fluxo dos elétrons é chamada de **tensão elétrica**, cujo símbolo em eletrotécnica é o **E** ou **U** (em eletricidade ou eletrônica seu símbolo é o **V**) e sua unidade é o **Volt (V)**.

Sem a aplicação da tensão não conseguimos ordenar os elétrons e não teremos corrente circulando.

Cada material tem uma característica própria, que consiste em oferecer alguma dificuldade à passagem da corrente elétrica, esta propriedade se chama **resistência elétrica**, cujo símbolo é o **R** e a unidade é o **Ohm ( $\Omega$ )**.

Nos circuitos eletrônicos o elemento que introduz resistência ao circuito é o resistor, que segue um código de cores definido conforme a tabela abaixo:

Tabela 1 - Grandezas Elétricas Básicas

Grandeza Elétrica	Símbolo	Unidade
Tensão	E	V
Corrente	I	A
Resistência	R	$\Omega$

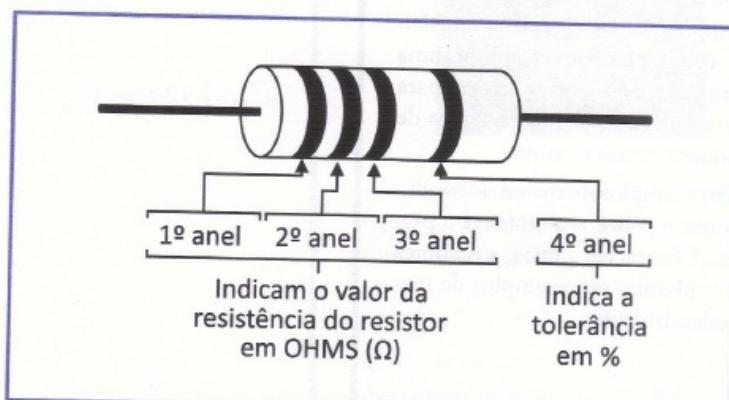


Figura 3 - Faixas em um Resistor de Quatro Cores

A seguir a tabela do código de cores para resistores de quatro faixas:

Tabela 2 - Código de Cores para Resistores

Cor do anel	1º anel 1º algarismo	2º anel 2º algarismo	3º anel. Zeros a acrescentar	4º anel tolerância
Preto	-	0	-	-
Marrom	1	1	1	$\pm 1\%$
Vermelho	2	2	2	$\pm 2\%$
Laranja	3	3	3	-
Amarelo	4	4	4	-
Verde	5	5	5	-
Azul	6	6	6	-
Violeta	7	7	7	-
Cinza	8	8	8	-
Branco	9	9	9	-
Ouro	-	-	x 0,1	$\pm 5\%$
Prata	-	-	x 0,01	$\pm 10\%$
sem cor	-	-	-	$\pm 20\%$

Em eletrotécnica teremos a corrente sendo limitada pelas cargas do circuito alimentadas por este, tais como: TV, ferro de passar roupa, chuveiro, etc. e pela própria fiação (quando a distância dos fios da rede até a carga for grande).

Abaixo o símbolo do resistor, bem como sua identificação em diagramas esquemáticos:

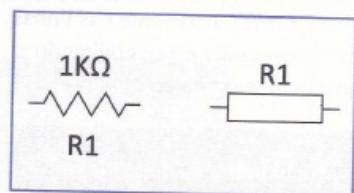


Figura 4 - Símbolos para o Resistor

## SEÇÃO 6

### Lei de Ohm

Existe uma relação entre a tensão, a corrente e a resistência de um circuito, esta relação é dada pela **Lei de Ohm** e equacionada por:

$$R = \frac{E}{I} (\Omega)$$

A fonte CC é aquela que permanece constante ao longo do tempo, como a tensão fornecida pela bateria do automóvel e das pilhas usadas em rádios e controles remotos.

A fonte CA, aquela que é gerada pela usina hidrelétrica, alterna-se entre valores positivos e negativos ao longo do tempo, é esta tensão que alimenta nossos eletrodomésticos. Abaixo apresentamos as formas de onda da tensão CC e CA. Observe!

**Lei de Ohm:** Em homenagem ao físico alemão Georg Simon Ohm.

Podemos a partir da equação original, rearranjando os termos, obter:

$$R = \frac{E}{I} (\Omega)$$

$$I = \frac{E}{R} (A)$$

$$E = R.I (V)$$

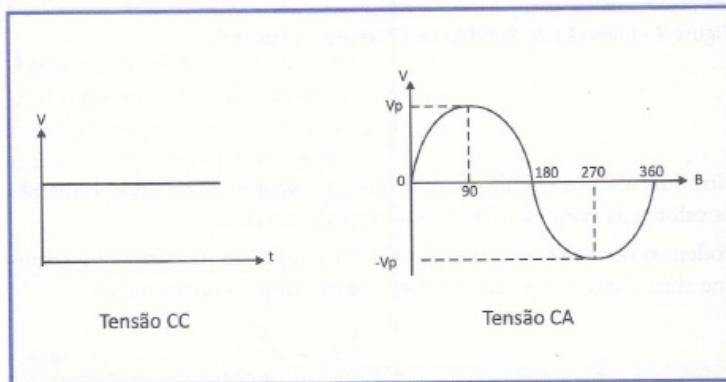


Figura 6 - Formas de Onda da Fonte CC e da Fonte CA

Nos circuitos aparecem o símbolo da fonte de tensão contínua ou fonte CC:

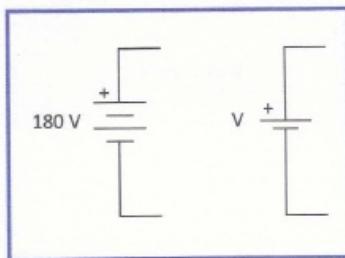


Figura 5 - Símbolos da Fonte CC

A seta indica o sentido de corrente nos circuitos anteriores, em fontes CC esse sentido não muda e vai sempre do positivo para o negativo. Nos circuitos alimentados por fontes CA, a corrente inverte seu sentido cada vez que a onda senoidal passa por zero.

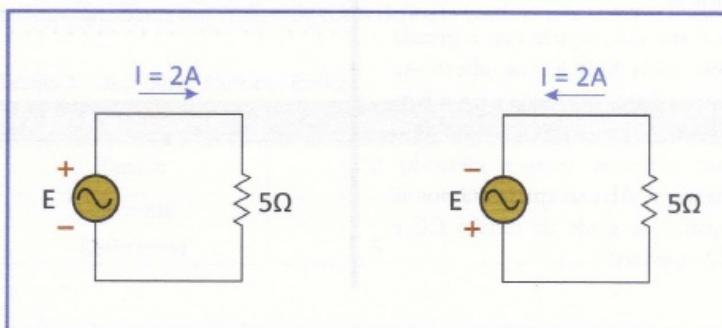


Figura 7 - Inversão do Sentido de Corrente na Fonte Ca

Nos dois últimos circuitos temos um instrumento de medição tomando os valores da corrente e da tensão respectivamente.

Podemos observar que para efetuarmos a medição da corrente teremos que abrir o circuito e deixar a corrente passar pelo instrumento.

#### DICA

Para sabermos a tensão sobre a resistência, basta medirmos com o instrumento diretamente sobre ela.

## SEÇÃO 7

### Potência elétrica

Além da resistência existe outra relação dada pela tensão e pela corrente elétrica: a potência.

A potência exprime o trabalho realizado em determinado espaço de tempo, quanto maior a potência de um equipamento elétrico maior será sua capacidade em realizar trabalho em um mesmo período de tempo ou menor será o tempo para realizar o mesmo trabalho.

Define-se potência elétrica como a relação (razão) da energia elétrica transformada e o tempo desta transformação (BISQUOLO, 2009).

A **potência elétrica** é o produto da tensão pela corrente em um elemento ou um circuito elétrico, seu símbolo é o **P** e sua unidade é o **Watt (W)**, logo:

$$P=E \cdot I \text{ (W)}$$

$$E = \frac{P}{I} \text{ (V)}$$

$$I = \frac{P}{E} \text{ (A)}$$

Podemos expressar a potência também em função da resistência elétrica utilizando a Lei de Ohm:

$$P = \frac{E^2}{R} \text{ (A)}$$

$$P=I^2 \text{ (W)}$$

Quando a carga alimentada é uma carga puramente resistiva (ferro de passar roupas, chuveiro, etc.), dizemos que a potência é uma **potência ativa**, ou seja, toda a energia elétrica é convertida em trabalho. O símbolo da potência ativa é o **P** e a sua unidade é o **Watt (W)**.

Existem cargas que não são puramente resistivas, tais como motores, transformadores, etc. Essas cargas são chamadas cargas reativas e necessitam, além da potência ativa, da **potência reativa** necessária para estabelecer o campo elétrico ou magnético que as faz funcionar. A potência reativa é simbolizada pela letra **Q** e a sua unidade é o **volt-ampère reativo (VAr)**.

Em instalações que contenham diversas **cargas** a potência total deve ser especificada pela **potência aparente** que é o produto da tensão pela corrente do circuito, o símbolo da potência aparente é o **S** e a sua unidade é o **volt-ampère (VA)**.

Nas cargas reativas teremos sempre especificado o **fator de potência** que relaciona a potência aparente com a potência ativa, ou seja, qual o percentual da energia elétrica consumida que efetivamente é transformada em trabalho.

O símbolo do fator de potência é:

**FP ou cos φ**

Para cargas puramente resistivas o cos φ é igual a 1, nas cargas reativas ele será sempre menor que 1.

**Cargas: Ativas e reativas.**

## SEÇÃO 8

### Associação de cargas

Podemos ter cargas associadas de diversas maneiras (chamadas de associação mista), mas basicamente elas serão a combinação de duas associações: a associação série e/ou a associação paralela.

**Associação série:** é aquela na qual o terminal final de um resistor está conectado ao terminal inicial do outro resistor, e assim por diante, conforme a figura abaixo:

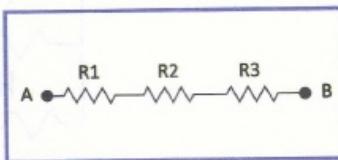


Figura 8 - Associação Série de Cargas

Neste tipo de associação, a resistência equivalente do circuito (entre os pontos A e B) será a soma das resistências R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> e R<sub>3</sub>. Em um circuito série, a resistência equivalente será:

$$R_{AB} = R_1 + R_2 + R_3 + R_n$$

▪ **Associação paralela:** é aquela na qual os terminais iniciais de cada resistor estão ligados juntos, bem como os terminais finais dos mesmos, conforme abaixo:

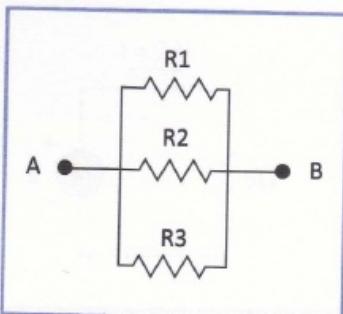


Figura 9 - Associação Paralela de Cargas

Neste tipo de associação, a resistência equivalente do circuito (entre os pontos A e B) será o paralelo das resistências R1, R2 e R3. Num circuito paralelo, a resistência equivalente é dada por:

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{RN}$$

Podemos também calcular a resistência em um circuito paralelo aos pares pela equação:

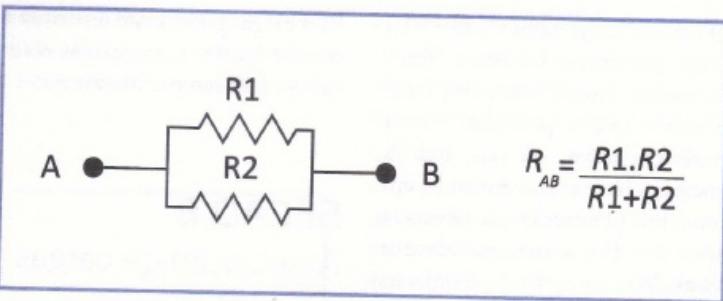


Figura 10 - Associação de Duas Cargas em Paralelo

Por exemplo, para um circuito com quatro resistores, teremos:

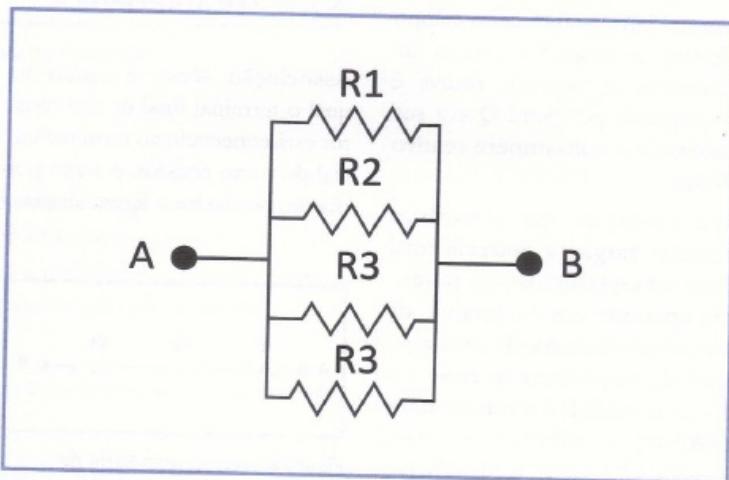


Figura 11 - Exemplo para Quatro Cargas em Paralelo

Calculando o paralelo entre R1 e R2 ( $R_x = R_1 // R_2$ ):

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Determinando  $R_y = R_3 // R_4$ :

$$R_y = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$$

A resistência equivalente  $R_{AB}$  será:

$$R_{AB} = \frac{R_x \cdot R_y}{R_x + R_y}$$

- **Associação mista:** inclui configurações série, paralelas e juntas. Na determinação da resistência equivalente, inicie resolvendo as associações paralelas de resistores.

Com isso concluímos a primeira unidade de estudos desta unidade curricular. Transitaremos agora pelo tema condutores elétricos. Há muitas descobertas por fazer. Estamos apenas começando...

Quando tivermos resistores iguais (de mesmo valor) associados em paralelo, a resistência equivalente será o valor do resistor (um deles) dividido pelo número de resistores. Por exemplo, se tivermos dois resistores de 10 W em paralelo, a resistência equivalente será de 5 W (10/2), se tivermos três resistores de 100 W, teremos uma resistência equivalente de 33,333 W (100/3), e assim por diante.



## **Unidade de estudo 2**

### **Seções de estudo**

- Seção 1 – Constituição e tipos**
- Seção 2 – Importância dos condutores nas instalações**
- Seção 3 – Composição da isolação**
- Seção 4 – Temperaturas máximas**
- Seção 5 – Condutos**
- Seção 6 – Padronização de cores**
- Seção 7 – Condutor de proteção**
- Seção 8 – Especificações dos condutores**

# Condutores Elétricos

## SEÇÃO 1

### Constituição e tipos

Condutor elétrico é todo material capaz de conduzir ou transportar a energia elétrica. Na maioria dos casos, o condutor elétrico é feito de cobre eletrolítico e em certos casos, de alumínio.

Um condutor pode ser feito de fio maciço, rígido, ou composto de diversos fios mais finos entrelaçados formando um condutor flexível. Tanto um como outro é chamado de condutor unipolar e consiste em um condutor e sua isolação.

Quando temos dispostos diversos condutores, não isolados entre si, teremos um cabo unipolar, que também é composto pelo condutor (vários fios) e a isolação, podendo ainda existir uma terceira camada que tem a função de proteção mecânica.

Quando temos diversos condutores isolados entre si formaremos um cabo multipolar, que é composto por dois ou mais condutores com isolamento e proteção mecânica.

A próxima figura mostra as situações:



Figura 12 - Condutores e Cabos

Fonte: Wirex (2009).

#### DICA

Veja mais exemplos de condutores em: <<http://www.wirex.com.br/marketing/novanomenclatura/>>

Cabe lembrar que a escolha errada do condutor (bem como dos dispositivos de proteção) pode acarretar em graves acidentes, desde a exposição acidental a choques elétricos até incêndios com prejuízos de alta monta, cabendo a responsabilidade ao projetista ou ao instalador.

A principal causa dos problemas em condutores está no aquecimento, quer seja do meio onde o condutor está, quer seja aquele imposto pela passagem da corrente.

Um condutor com seção menor do que a necessária irá aquecer demasia, assim como a utilização de condutores com a camada isolante imprópria para o meio também trará problemas.

## SEÇÃO 2

### Importância dos condutores nas instalações

Pode parecer, a princípio, que um condutor é algo banal, apenas um meio de interligação da rede até a carga.

## SEÇÃO 3

### Composição da isolação

Os compostos isolantes mais utilizados no Brasil são o PVC (cloreto de polivinila), o EPR (borracha etileno-propileno) e o XLPE (polietileno reticulado). Em relação à isolação, a utilização do PVC está limitada a 6 kV enquanto o EPR pode ser usado até 138 kV (o limite de isolamento também depende da espessura da camada isolante).

Como é fácil perceber, o PVC tem aplicação em baixa tensão (< 1.000 V) enquanto o EPR pode ser utilizado em baixa tensão, média tensão (1 kV a 35 kV) ou alta tensão (> 35 kV).

Em instalações elétricas prediais, o condutor com camada isolante de PVC é o mais utilizado.

## SEÇÃO 4

### Temperaturas máximas

Os fios e cabos isolados são caracterizados por três temperaturas:

- **normal ou em regime** – máxima temperatura que o condutor pode trabalhar quando em condições normais de carga;
- **em sobrecarga** – temperatura máxima a que o condutor pode estar exposto; em caso de sobrecarga está limitada a 100 horas durante 12 meses consecutivos ou 500 horas durante a vida do condutor;
- **em curto-circuito** – temperatura máxima que o condutor pode estar submetido quando em regime de curto-circuito, cuja duração não pode ser superior a

cinco segundos durante toda a vida do condutor.

Abaixo uma tabela comparativa entre o PVC e o EPR relacionando as classes térmicas:

Tabela 3 - Temperaturas Máximas para o Pvc e o Epr

Isolação	Regime (°C)	Sobrecarga (°C)	Curto (°C)
PVC	70	100	160
EPR e XLPE	90	130	250

Uma vez que a temperatura ou os períodos sejam ultrapassados, a isolamento do condutor estará prejudicada e com certeza a instalação também.

## SEÇÃO 5

### Condutos

Além da corrente e da temperatura ambiente, haverá uma alteração na temperatura do condutor quando tivermos vários condutores ou cabos instalados juntos, um afetará a temperatura dos outros, o que pode ser agravado conforme o tipo de conduto utilizada.

Denomina-se conduto o tipo de estrutura utilizada para dar suporte e/ou fixação ao condutor ou cabo na linha elétrica, são exemplos de condutos: eletrodutos, calhas, canaletas, molduras, escadas para cabos, isoladores, suportes, etc.

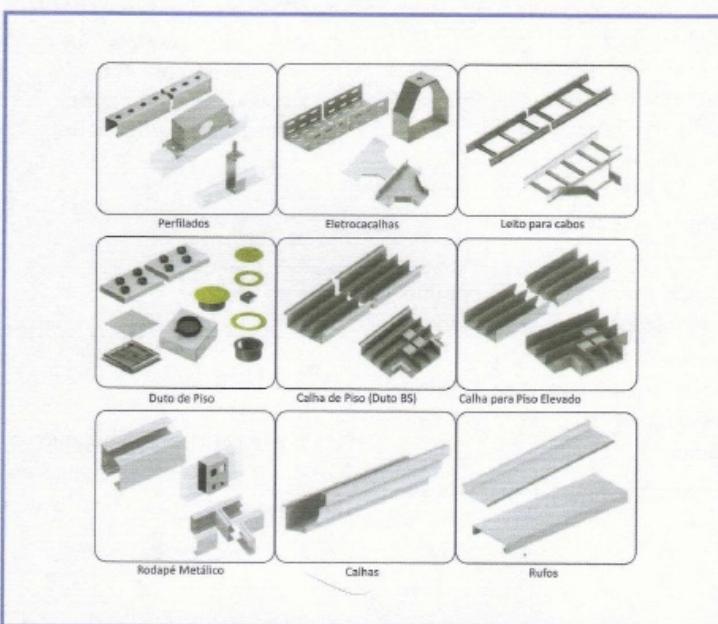


Figura 13 - Condutos

Fonte: Calhas... (2009).

Como veremos mais adiante, o dimensionamento dos condutores leva em conta o tipo de conduto de utilizado na instalação, dentre outros fatores.

## SEÇÃO 6

### Padronização de cores

A NBR 5410, cuja última edição data de 31 de março de 2005, recomenda que ao se efetuar a identificação dos condutores pela cor, seja utilizada a cor azul-claro para identificar o neutro (N) da instalação, quer seja em condutores unipolares ou cabos multipolares; da mesma forma, recomenda que o condutor de proteção (PE) utilize a dupla coloração verde – amarela ou na falta desta, a cor verde.

Quando se utilizar o mesmo condutor para a função de neutro e proteção, sua designação será (PEN) e a cor a ser usada será o azul-claro. Para o(s) condutor(es) fase(s), as cores utilizadas serão: preto, branco, vermelho, cinza ou qualquer outra cor desde que diferente das adotadas para o neutro e proteção, recomenda-se não utilizar a cor amarela para evitar a confusão com a dupla coloração do condutor de proteção.

- Neutro (N): azul-claro.
- Fase (F): preto, branco, vermelho, cinza, etc. (evitar amarelo).
- Proteção (PE): verde – amarelo.
- Proteção + neutro: azul-claro.

## SEÇÃO 7

### Condutor de proteção

O condutor de proteção é essencialmente um condutor de aterramento. No Brasil, o sistema de aterrramento da rede de distribuição pública é o de multiaterramento ou sistema TN-C, sendo que o neutro e a proteção são ligados juntos (PEN), garantindo que não haja diferença de potencial entre a rede de distribuição (neutro da concessionária) e o aterrramento na entrada do consumidor.

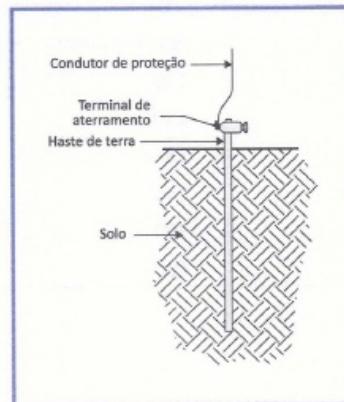


Figura 14 - Haste de Aterramento.

**TN-S:** neste sistema o neutro é aterrado, mas paralelamente a ele temos o condutor de proteção conforme a figura a seguir.

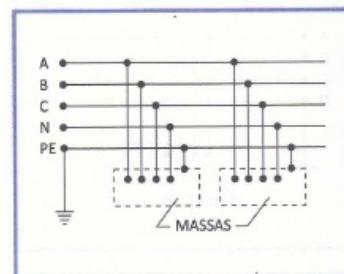


Figura 15 - Sistema Terra – Neutro Separados

**TN-C:** o condutor de neutro e proteção é o mesmo.

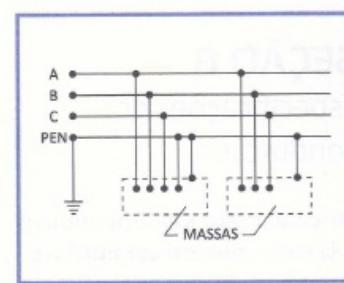


Figura 16 - Sistema Terra – Neutros Comuns

**TN-C-S:** a partir de um determinado ponto da instalação neutro e proteção seguem paralelamente.

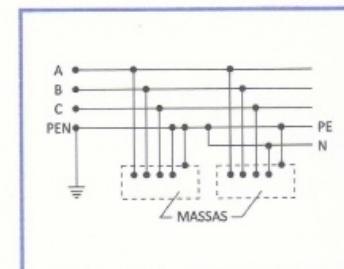


Figura 17 - Sistema Terra – Neutros comuns, mas separados no equipamento

**TT:** a proteção é feita com haste de aterramento específica, neutro e proteção são separados.

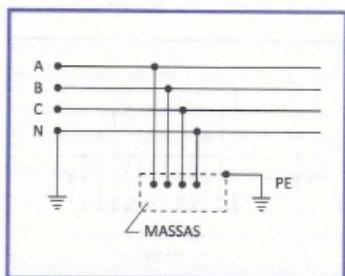


Figura 18 - Sistema Multiaterramento

**Observação:** A, B e C são condutores fases.

## SEÇÃO 8

### Especificações dos condutores

Os condutores são especificados pela seção nominal em **mm<sup>2</sup>** conforme a tabela abaixo:

Quanto maior a seção maior a capacidade de condução de corrente. A norma especifica que a seção mínima do condutor fase para circuitos de iluminação é de 1,5 mm<sup>2</sup> para condutores de cobre e de 10 mm<sup>2</sup> para condutores de alumínio.

Nos circuitos de força, aqueles utilizados na instalação de tomadas e equipamentos em geral, a norma exige que o condutor fase seja de no mínimo 2,5 mm<sup>2</sup> (Cu) ou 10 mm<sup>2</sup> (Al). Para os circuitos de sinalização e controle a seção do condutor pode ser de 0,5 mm<sup>2</sup>.

Em relação ao neutro, para circuitos monofásicos a seção do neutro deve ser igual à seção do condutor fase, qualquer que seja a bitola do condutor. Para circuitos trifásicos usamos a seguinte tabela:

Tabela 5: Seção dos Condutores Fase e Neutro

Seção do condutor fase (mm <sup>2</sup> )	Seção do condutor neutro (mm <sup>2</sup> )
De 1,5 a 25	Mesma seção do condutor fase
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Tabela 4 - Seção Nominal dos Condutores

0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	10	16	25	35	50
70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800	1.000

**Observação:** nos circuitos trifásicos quando for prevista a presença de harmônicos o neutro também deverá ser de mesma seção que o circuito fase, qualquer que seja a seção do mesmo.

A norma ainda enfatiza que em instalações residenciais só podem ser utilizados condutores de cobre, exceto para aterramento e proteção, cuja seção mínima obedece à tabela abaixo:

Tabela 6: Seção do Condutor de Proteção

Seção do condutor fase (mm <sup>2</sup> )	Seção do condutor de proteção – S' (mm) <sup>2</sup>
S ≤ 16 mm <sup>2</sup>	S
16 ≤ S ≤ 35	16
S > 35	S/2

Com o tema *Especificação dos condutores* concluímos mais uma unidade de estudos. Nosso diálogo, agora, tem como foco o tema *Emendas em condutores*. Você aprenderá a desencapar e emendar condutores, além de soldar e isolar emendas. Há muito ainda o que aprender. Prossiga!



# Unidade de estudo 3

## Seções de estudo

- Seção 1 – Desencapando os condutores
- Seção 2 – Emendando os condutores
- Seção 3 – Soldando as emendas
- Seção 4 – Isolando as emendas

# Emendas em Condutores

## SEÇÃO 1

### Desencapando os condutores

Sempre que possível devemos evitar emendar os condutores em uma instalação, a emenda representa uma diminuição na tração do condutor, bem como um ponto de maior aquecimento pela passagem da corrente elétrica.

Na maioria das instalações a emenda é inevitável, portanto, vejamos abaixo a melhor forma de fazê-la.

Retire a capa isolante do condutor desencapando em torno de cinquenta vezes o diâmetro do mesmo, manuseie o canivete ou estilete sempre saindo do condutor e nunca em sua direção. Se o condutor estiver oxidado, retire a oxidação com as costas do corte, limpando a área onde será efetuada a emenda.

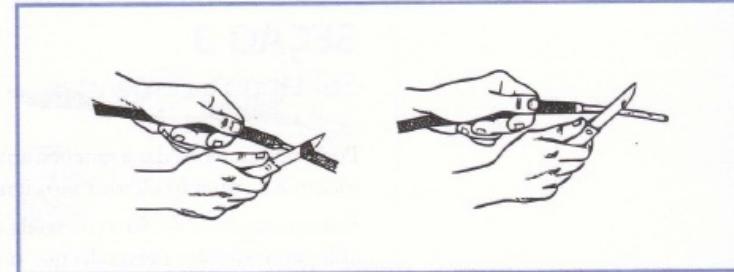


Figura 19 - Desencapando os Condutores

Fonte: Senai (1980, P. 18).

## SEÇÃO 2

### Emendando os condutores

Cruze os condutores um sobre o outro e com a ajuda de um alicate universal torça as pontas dos mesmos em sentidos contrários, cada uma das pontas deve dar seis voltas no mínimo. Observe se não ficou alguma ponta na emenda capaz de perfurar a isolação, nosso próximo passo.

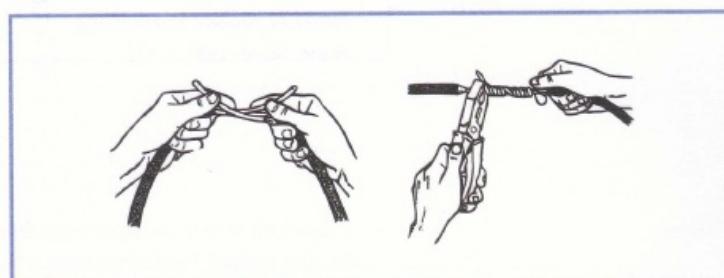


Figura 20 - Emendando os Condutores

Fonte: Senai (1980, P. 18 -19).

O acabamento final da emenda deve ficar conforme a figura abaixo:



Figura 21 - Acabamento da Emenda

Fonte: Senai (1980, P. 19).

## SEÇÃO 3

### Soldando as emendas

Podemos ainda soldar a emenda antes de efetuarmos a isolação; o acabamento e a conexão elétrica são significativamente melhorados.

Encoste a ponta do ferro de solda na emenda aquecendo-a, em seguida aplique o estanho deixando que o mesmo se funde à emenda, procure manter uma solda uniforme. Espere esfriar e efetue a isolação.

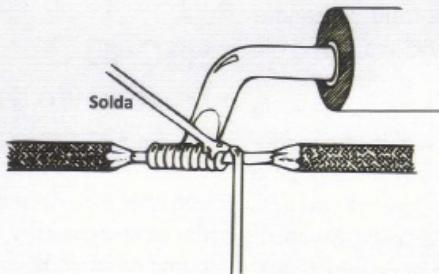


Figura 22 - Soldando a Emenda

Fonte: Senai (1980, P. 12).

## SEÇÃO 4

### Isolando as emendas

Após finalizar a emenda, efetue a isolação utilizando a fita isolante e cobrindo a emenda. As camadas da fita isolante devem ultrapassar a capa do fio em torno de 2 mm, procure deixar a isolação o mais uniforme possível. Corte a fita isolante sempre no sentido oposto ao corpo.

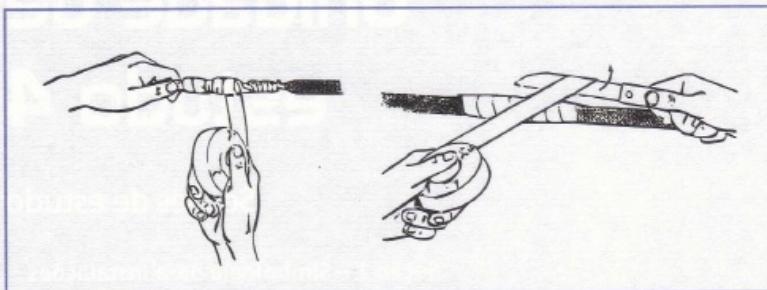


Figura 23 - Isolando a Emenda

Fonte: Senai (1980. P. 20-21).

Podemos ter emendas em prosseguimento, como as que vimos nas figuras anteriores, ou em derivação, na qual a emenda “deriva” de uma linha principal.

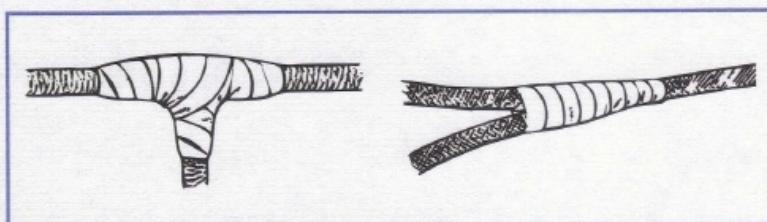
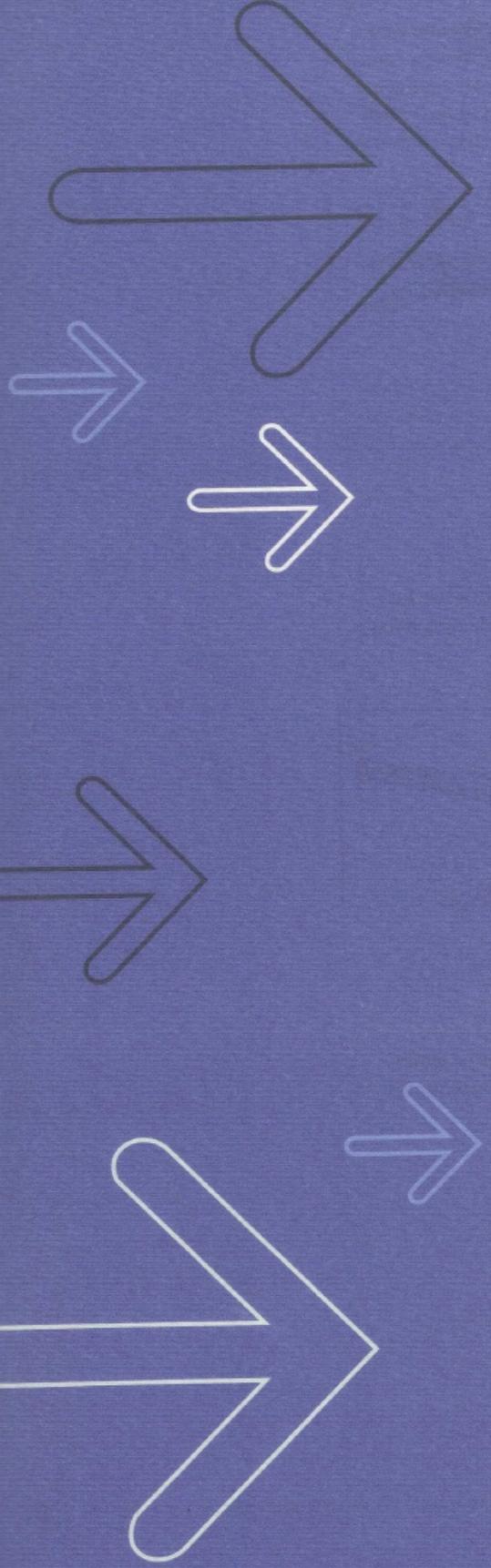


Figura 24 - Emendas em Derivação

Fonte: Senai (1980. P. 14-21).

Na unidade de estudo que segue, caminharemos pelos trilhos da simbologia e dos diagramas elétricos. Preparado para continuar? Vamos juntos!



# **Unidade de estudo 4**

## **Seções de estudo**

**Seção 1 – Simbologia para instalações  
elétricas prediais**

**Seção 2 – Diagramas elétricos**

# Simbologia e Diagramas Elétricos

## SEÇÃO 1

### Simbologia para instalações elétricas prediais

A NBR 5444 apresenta a simbologia para instalações elétricas prediais. Pelos símbolos podemos

identificar numa planta ou diagrama elétrico os diversos componentes da mesma, tais como:

interruptores, tomadas, lâmpadas, quadros de distribuição, etc. bem como a localização dos mesmos.

Tabelas 7 - Simbologia Abnt para Instalações Elétricas Prediais – Nbr 5444

	Interruptor de uma seção	A letra minúscula indica o ponto comandado.
	Interruptor de duas seções	As letras minúsculas indicam os pontos comandados.
	Interruptor de três seções	As letras minúsculas indicam os pontos comandados.
	Interruptor paralelo ou three-way	A letra minúscula indica o ponto comandado.
	Interruptor intermediário ou four-way	A letra minúscula indica o ponto comandado.
	Ponto de luz incandescente no teto. A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre os traços o circuito correspondente	Indicar o número de lâmpadas e a potência em Watts.
	Ponto de luz fluorescente no teto. A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre os traços o circuito correspondente.	Indicar o número de lâmpadas, a potência em Watts e na legenda o tipo de reator.
	Condutor fase no interior do eletrodotu	Indicar a seção do condutor, exceto se for 1,5 mm <sup>2</sup> . Indicar o número do circuito.
	Condutor neutro no interior do eletrodotu	Indicar a seção do condutor, exceto se for 1,5 mm <sup>2</sup> . Indicar o número do circuito.

	Condutor de retorno dentro do eletroduto	Indicar a seção do condutor, exceto se for 1,5 mm <sup>2</sup> . Indicar o número do circuito.
	Condutor de proteção (aterramento) dentro do eletroduto	Indicar a seção do condutor, exceto se for 1,5 mm <sup>2</sup> . Indicar o número do circuito.
	Condutor fase de 1 mm <sup>2</sup> para campainha	Indicar se o condutor for de seção maior.
	Condutor neutro de 1 mm <sup>2</sup> para campainha	Indicar se o condutor for de seção maior.
	Condutor de retorno de 1mm <sup>2</sup> para campainha	Indicar se o condutor for de seção maior.
	Quadro geral de força e luz aparente	-
	Quadro geral de força e luz embutido	-
	Botão de minuteria	-
	Minuteria	Diâmetro igual ao do interruptor
	Tomada baixa (300 mm do piso acabado)	A potência deve ser indicada ao lado (exceto se for de 100 VA) como também o circuito e a altura se forem diferentes do padronizado.
	Tomada meia altura (1.300 mm do piso acabado)	A potência deve ser indicada ao lado (exceto se for de 100 VA) como também o circuito e a altura se forem diferentes do padronizado.
	Tomada alta (2.000 mm do piso acabado)	A potência deve ser indicada ao lado (exceto se for de 100 VA) como também o circuito e a altura se forem diferentes do padronizado.
	Cigarra	-
	Campainha	-
	Botão de campainha e cigarra	-

Fonte: ABNT (1989).

## SEÇÃO 2

### Diagramas elétricos

Na representação do circuito elétrico utilizamos três tipos de diagramas:

- **Multifilar** – no qual representamos todas as conexões do circuito;

- **Unifilar** – no qual a representação do circuito é simplificada;
- **Funcional** – no qual visualizamos os componentes da instalação e suas conexões.

### Exemplo

Represente os diagramas esquemáticos para a ligação de uma lâmpada acionada por interruptor simples.

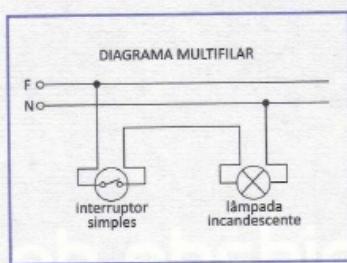


Figura 25 - Diagrama Multifilar

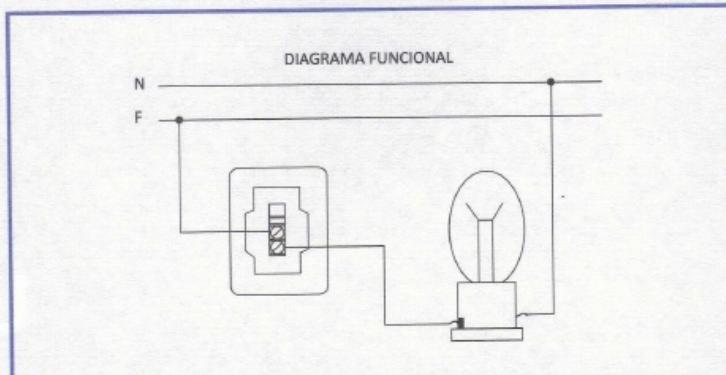


Figura 27 - Diagrama Funcional

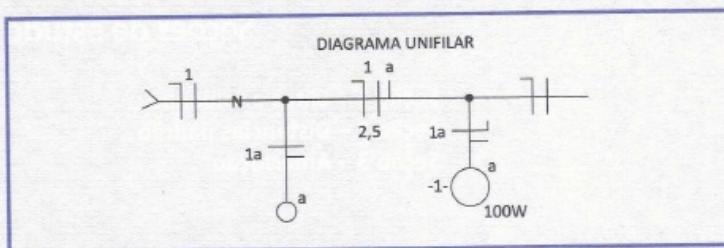


Figura 26 - Diagrama Unifilar

No diagrama unifilar, a representação correta inicia com o condutor neutro seguido do condutor fase e por fim o condutor de retorno. O número 2,5 abaixo dos condutores indica a seção dos mesmos – condutores no mesmo circuito terão seção igual. A letra minúscula “a” representa o interruptor que aciona a lâmpada e o número 1 indica qual é o circuito – ele diz que no quadro de distribuição o disjuntor 1 comanda a instalação.

O diagrama unifilar é utilizado para simplificar a representação dos diversos circuitos de uma residência, ele aparece sobre a planta baixa da mesma indicando a localização dos interruptores, tomadas e lâmpadas dos diversos cômodos.

Abaixo um exemplo da planta baixa elétrica em uma residência:

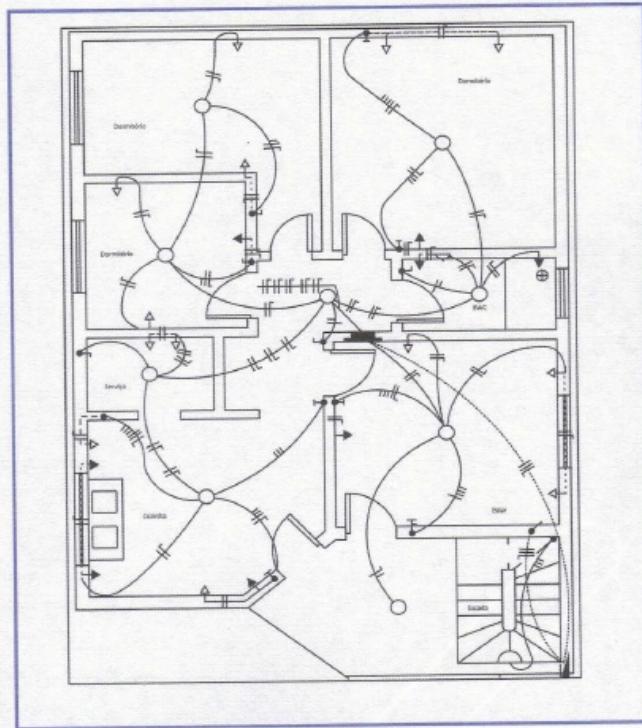


Figura 28 - Planta Baixa Elétrica Residencial

Visto tudo isso, que tal agora fazer um mergulho pelo tema Linha de alimentação com clites e roldanas? Há muito ainda pela frente... vamos juntos!



# **Unidade de estudo 5**

## **Seções de estudo**

**Seção 1 – Clites e roldanas**

**Seção 2 – Distâncias padrão**

**Seção 3 – Amarração**

# Linha de Alimentação com Clites e Roldanas

## SEÇÃO 1

### Clites e roldanas

Em construções de madeira ainda é muito comum a utilização dos clites e roldanas para a montagem das linhas principais de alimentação, aquelas que ficam no forro da residência. Veremos agora como instalá-las.

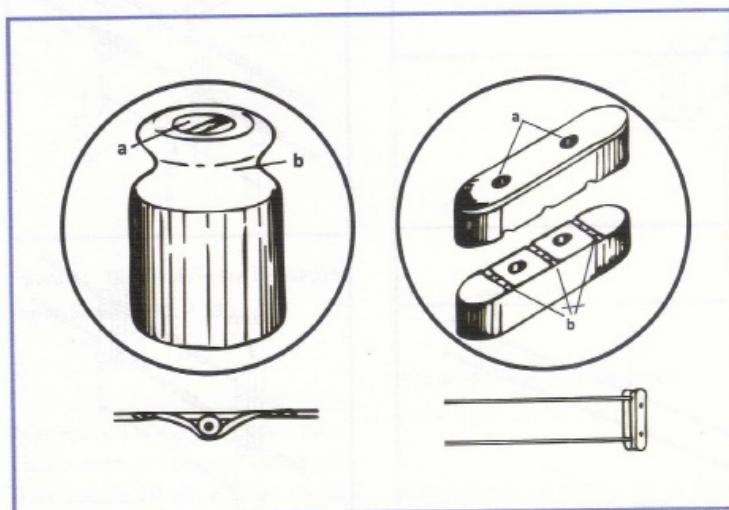


Figura 29 - Clites e Roldanas

Fonte: Senai (1980, P. 7-8).

Tanto o clites quanto a roldana são isoladores utilizados para sustentar os condutores da instalação, podem ser feitos em porcelana ou plástico (este o mais utilizado devido ao baixo custo).

## SEÇÃO 2

### Distâncias padrão

As distâncias padrão nas instalações estão mostradas nas figuras abaixo:

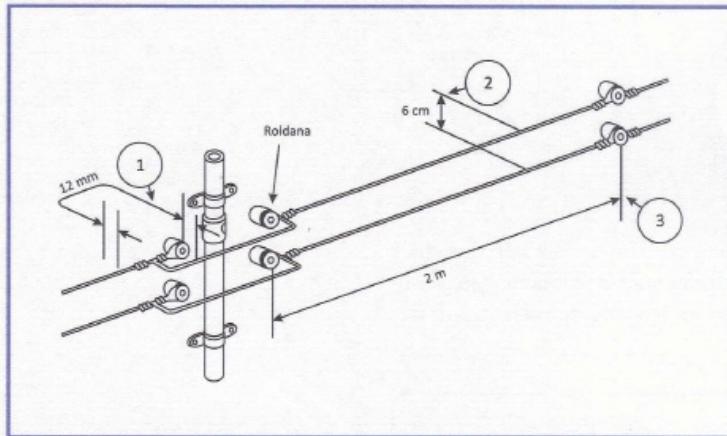


Figura 30 - Distâncias Padrão nas Instalações

Fonte: Senai (1980, P. 18).

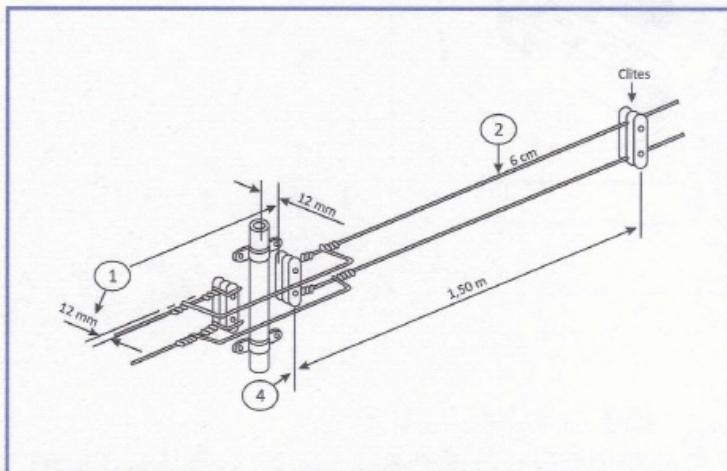


Figura 31 - Distâncias Padrão

Fonte: Senai (1980, P. 18).

Como podemos observar, a distância entre a parede ou qualquer outra instalação ou obstáculo deve ser de no mínimo 12 mm, a distância entre os fios que compõem a linha de 6 cm e a distância entre roldanas de 2 mm e clites de 1,5 m.

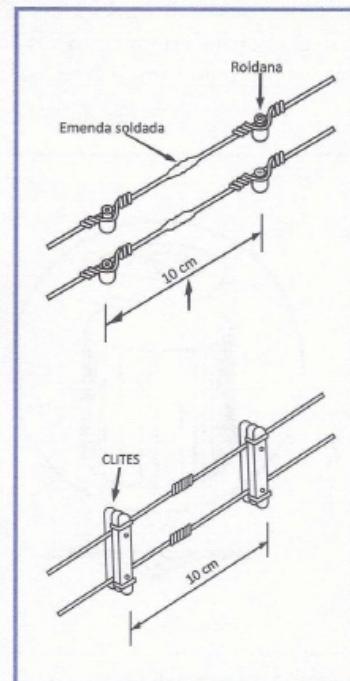


Figura 32 - Distância dos Clites nas Emendas

Fonte: Senai (1980, P. 19).

Nas emendas em prolongamento devemos espacar as roldanas ou clites 10 cm, aumentando assim a resistência à tração no fio.

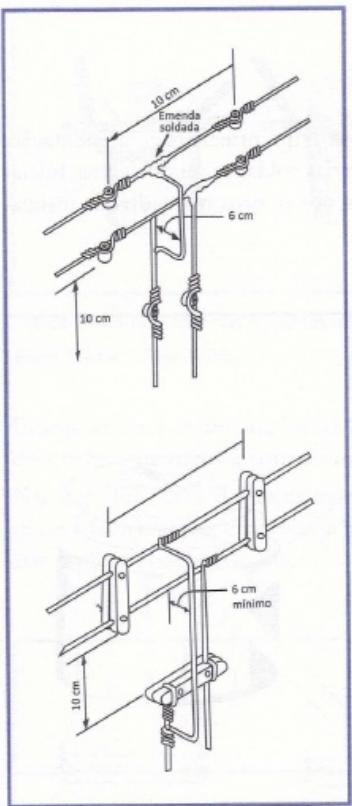


Figura 33 - Distâncias entre Derivações

Fonte: Senai (1980, P. 19).

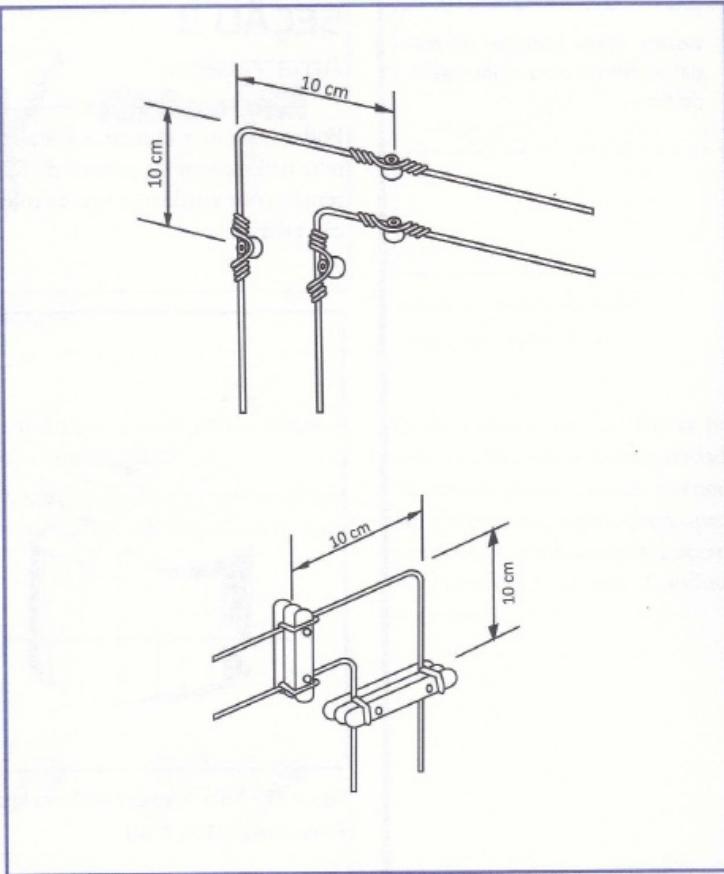


Figura 34 - Distâncias nas Curvas

Fonte: Senai (1980, P. 20).

Nas emendas em derivação, a distância entre os pontos de fixação deve ser de 10 cm e entre os fios de 6 cm.

Nas curvas, roldanas e clites devem estar afastados no máximo 10 cm.

**Gorne:** Parte superior da roldana própria para a passagem do fio.

## SEÇÃO 3

### Amarração

Podemos agora efetuar a instalação da linha principal de alimentação, para isto marque os pontos de fixação das roldanas ou dos clites. Iniciaremos com a roldana: fixe as roldanas nos pontos marcados da instalação elétrica.

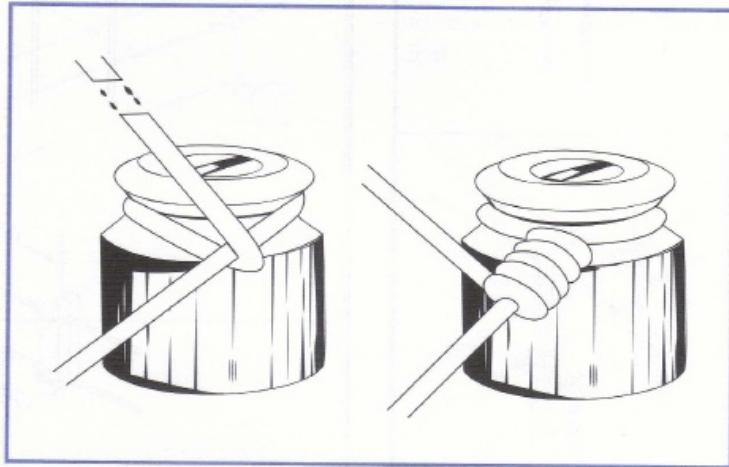


Figura 35 - Amarração nas Roldanas Iniciais

Fonte: Senai (1980, P. 24).

Na primeira roldana, passe o fio em torno do **gorne**, volte e passe por baixo da linha novamente dando a volta em torno do gorne. Por fim, enrole o fio em torno da linha com no mínimo cinco voltas. A distância da ponta do fio é de aproximadamente quarenta vezes o diâmetro do fio mais seis vezes o diâmetro do gorne.

Estique bem o fio passando pelos gornes das roldanas intermediárias e amarre a linha na última roldana exatamente como feito na primeira. Para as roldanas intermediárias, corte um pedaço de fio passando uma das extremidades pelo gorne e por baixo da linha e a outra envolvendo o gorne e a parte superior da linha conforme abaixo:

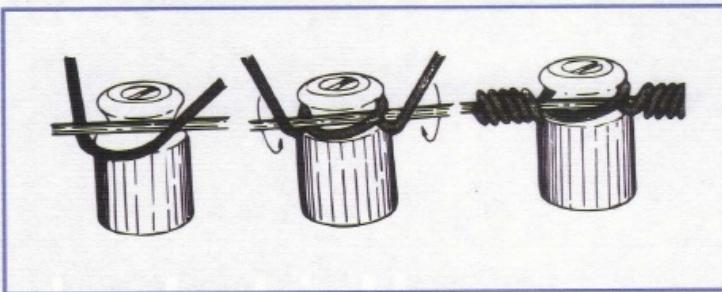


Figura 36 - Amarração nas Roldanas Intermediárias

Fonte: Senai (1980, P. 26).

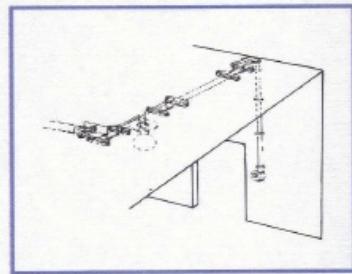


Figura 38 - Instalação Pronta

Fonte: Senai (1980, P. 21).

Enrole as duas extremidades na linha tomando o cuidado de deixar os dois lados simétricos e com no mínimo cinco voltas.

No caso dos clites, devemos marcar a localização dos mesmos sobre o trajeto da instalação, em seguida podemos prendê-los deixando-os frouxos para a passagem do fio.

Com o estudo das distâncias padrão finalizamos a quinta unidade de estudo desta unidade curricular. Prepare-se, agora, para aprofundar seus conhecimentos acerca de instalações básicas. Continue conosco!

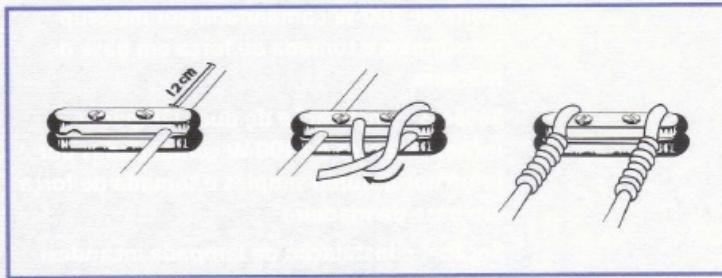


Figura 37 - Amarração nos Clites Iniciais

Fonte: Senai (1980, P. 27).

No clite inicial, deixe em torno de 12 cm de fio de sobra, prenda o clite firmemente e passe o que foi por sobre ele e por baixo da linha, conforme a figura anterior. Em seguida continue dando voltas sobre a linha, não se esqueça de deixar as voltas simétricas em ambos os lados da linha.

Estique bem a linha e passe nos clites intermediários prendendo firmemente, em seguida repita o processo de amarração no clite final da linha.



# Unidade de estudo 6

## Seções de estudo

Seção 1 – Preparação

Seção 2 – Instalação de lâmpada incandescente de 100 W comandada por interruptor simples e tomada de força em base de madeira

Seção 3 – Instalação de duas lâmpadas incandescentes de 100 W comandadas por interruptor duplo simples e tomada de força em base de madeira

Seção 4 – Instalação de lâmpada incandescente de 100 W comandada por interruptor paralelo ou *three-way* em base de madeira

Seção 5 – Instalação de lâmpada incandescente de 100 W comandada por interruptor intermediário ou *four-way* em base de madeira

# Instalações Básicas I

## SEÇÃO 1

### Preparação

Nesta unidade você terá contato com os componentes básicos de uma instalação elétrica e fará montagens aplicando os conhecimentos até aqui adquiridos, um aquecimento importante para o desenvolvimento das atividades que virão a seguir.

De início, faça uma relação das ferramentas e materiais necessários em cada uma das montagens sugeridas. Efetue o planejamento da instalação aplicando sempre os padrões de distância para clites e roldanas.

Muita concentração agora! É hora de averiguar se está aprendendo tudo até aqui.

Bom trabalho!

#### DICA

Antes de apresentar a montagem, limpe o local de trabalho, organize as ferramentas e materiais e observe a aparência da sua instalação.

## SEÇÃO 2

Instalação de lâmpada incandescente de 100 W comandada por interruptor simples e tomada de força em base de madeira

- a. Desenhe o diagrama multifilar e unifilar da instalação.
- b. Marque sobre a madeira a posição dos clites ou roldanas.
- c. Efetue a instalação da linha geral de alimentação.
- d. Efetue as derivações da linha até os componentes da instalação.
- e. Instale os componentes (interruptor, lâmpada e tomada).

Respeite as distâncias dos clites e roldanas em relação aos componentes. Devemos colocar um clite ou roldana a 10 cm do mesmo para sustentação mecânica da derivação da linha.

## SEÇÃO 3

Instalação de duas lâmpadas incandescentes de 100 W comandadas por interruptor duplo simples e tomada de força em base de madeira

- a. Desenhe o diagrama multifilar e unifilar da instalação.
- b. Marque sobre a madeira a posição dos clites ou roldanas.
- c. Efetue a instalação da linha geral de alimentação.
- d. Efetue as derivações da linha até os componentes da instalação.
- e. Instale os componentes (interruptor, lâmpada e tomada).

## SEÇÃO 4

Instalação de lâmpada incandescente de 100 W comandada por interruptor paralelo ou *three-way* em base de madeira

O interruptor paralelo ou *three-way* é utilizado quando se deseja acionar uma lâmpada de dois pontos diferentes da instalação, como por exemplo, em um corredor e uma escada.

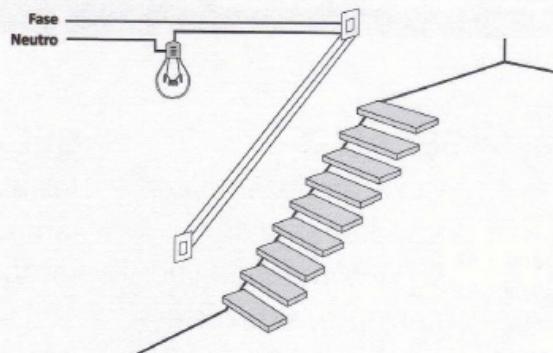


Figura 39 - Aplicação do Interruptor Paralelo

Fonte: Cemig (2003, P. 59).

Veja abaixo os diagramas da instalação:

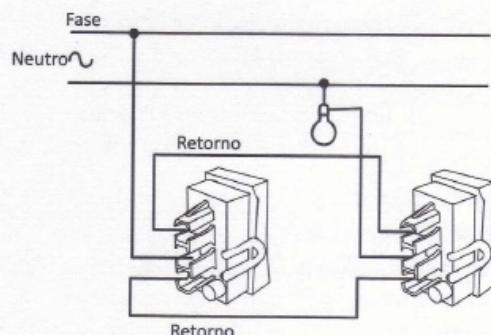


Figura 40 - Diagrama Funcional do Interruptor Paralelo

Fonte: Cemig (2003, P. 59).

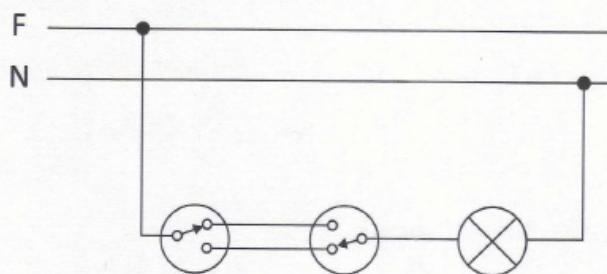


Figura 41 - Diagrama Multifilar do Interruptor Paralelo

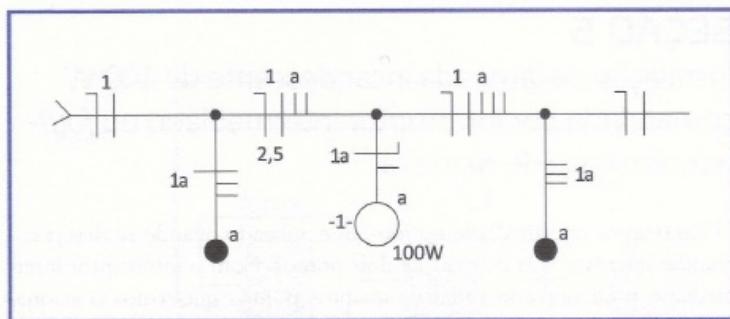


Figura 42 - Diagrama Unifilar do Interruptor Paralelo

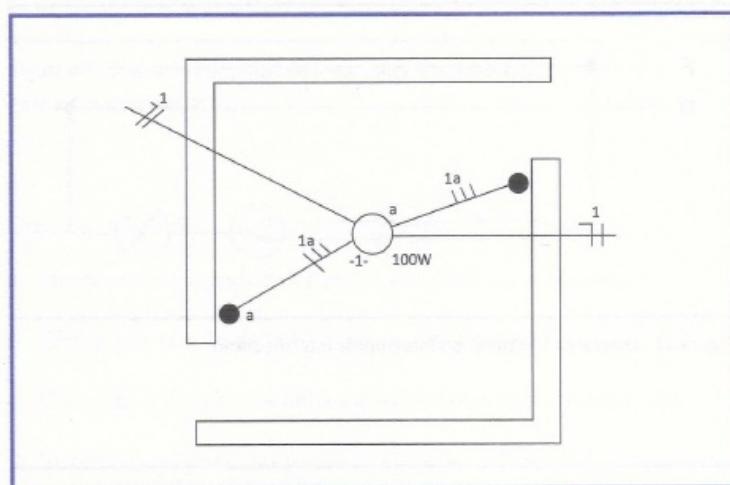


Figura 43 - Planta Baixa com o Diagrama Unifilar do Interruptor Paralelo

Efetue a instalação.

- Marque sobre a madeira os clites ou roldanas.
- Efetue a instalação da linha geral de alimentação.
- Efetue as derivações da linha até os componentes da instalação.
- Instale os componentes (os interruptores e a lâmpada).

## SEÇÃO 5

Instalação de lâmpada incandescente de 100 W comandada por interruptor intermediário ou *four-way* em base de madeira

O interruptor intermediário ou *four-way* é utilizado quando se deseja comandar uma lâmpada de mais de dois pontos. Com o interruptor intermediário podemos comandar de quantos pontos quisermos o acionamento de uma lâmpada.

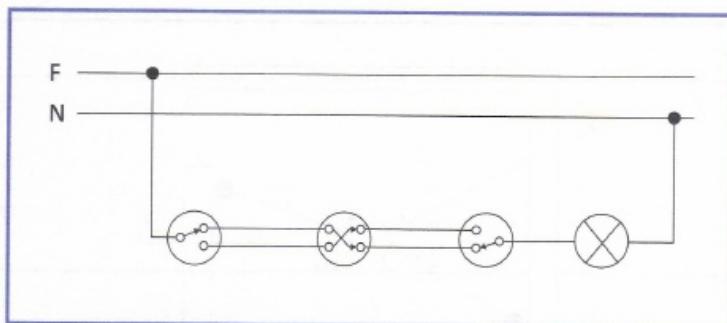


Figura 44 - Diagrama Multifilar do Interruptor Intermediário

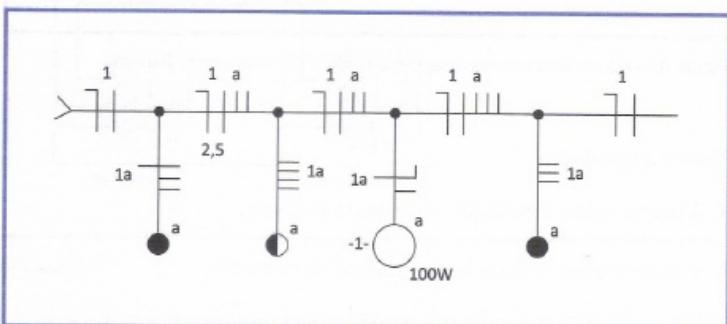


Figura 45 - Diagrama Unifilar do Interruptor Intermediário

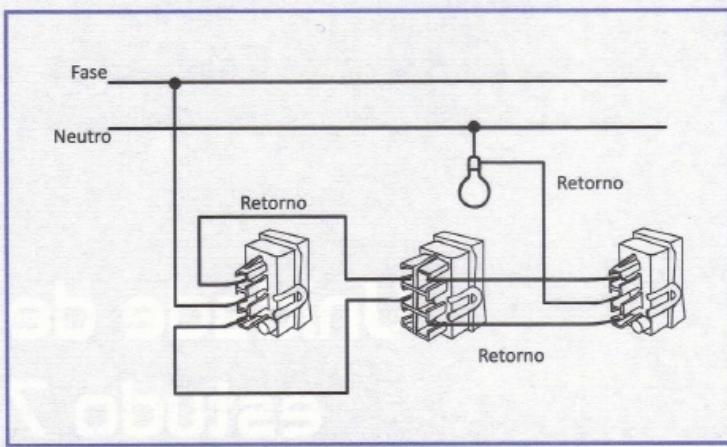


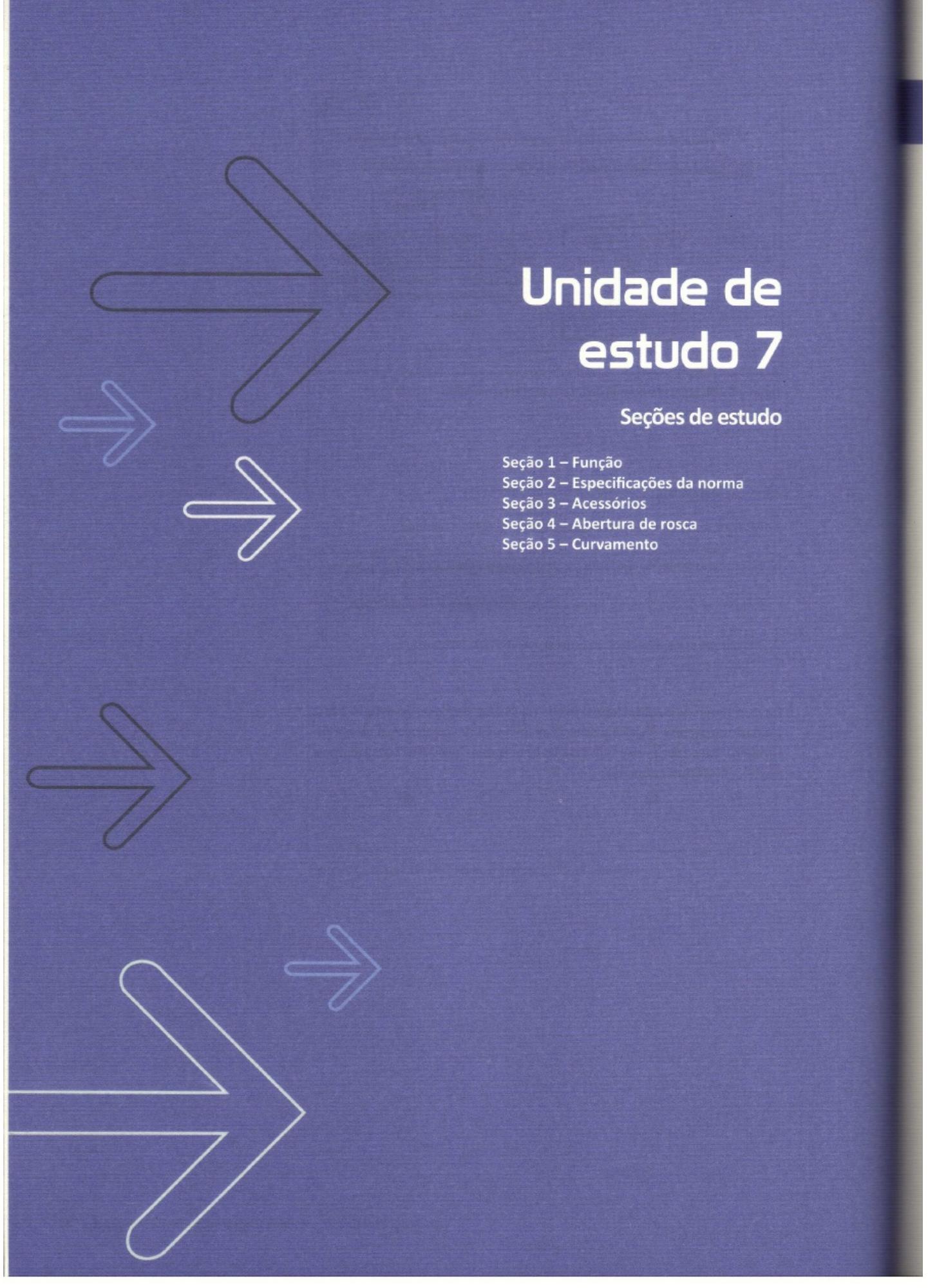
Figura 46 - Diagrama Funcional do Interruptor Intermediário

Fonte: Cemig (2003, P. 61).

Efetue a instalação.

- Marque sobre a madeira a posição dos clites ou roldanas.
- Efetue a instalação da linha geral de alimentação.
- Efetue as derivações da linha até os componentes da instalação.
- Instale os componentes (os interruptores e a lâmpada).

Com o tema eletrodutos entraremos na sétima unidade de estudo desta unidade curricular. Veja o quanto já avançamos nesse processo de aprendizagem. Mas não pense que acabou! Há muitas descobertas ainda pela frente... continue antenado!



# Unidade de estudo 7

## Seções de estudo

- Seção 1 – Função
- Seção 2 – Especificações da norma
- Seção 3 – Acessórios
- Seção 4 – Abertura de rosca
- Seção 5 – Curvamento

# Eletrodutos

## SEÇÃO 1

### Função

Em instalações elétricas residenciais, o conduto mais utilizado é o eletroducto de PVC, cuja principal função é a de proteção mecânica dos condutores.

O eletroducto de PVC pode ser rígido ou flexível, quando rígido é encontrado em barras de 3 m. Pode ser emendado de duas formas: com luvas ou soldáveis, nos quais um dos lados possui um diâmetro um pouco maior para poder encaixar a ponta do outro eletroducto.

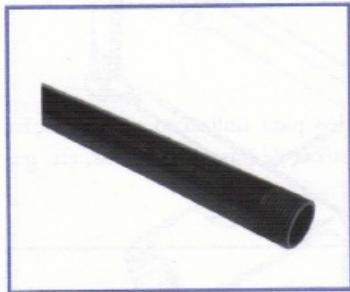


Figura 47 - Eletroducto Rígido de PVC Rosqueável

Fonte: Adaptado de Tigre (2009).

## SEÇÃO 2

### Especificações da norma

Os eletrodutos só podem conter condutores isolados, no caso de condutor de aterramento (condutor nu), este deve ser instalado sozinho em eletroducto específico.

A instalação com eletrodutos deve permitir a fácil passagem dos condutores ou cabos, tanto na instalação quanto na retirada dos mesmos, por isso as taxas de ocupação máximas dos eletrodutos, quanto à sua seção transversal dadas pela NBR 5410/05, devem ser de no máximo: **53% para um condutor, 31% no caso de dois condutores e 40% no caso de três condutores ou mais.**

Tabela 8 - Quantidade de Condutores em um Eletroducto

Condutor mm <sup>2</sup>	Eletroducto ½"	Eletroducto ¾"	Eletroducto 1"
1,5	6	9	-
2,5	4	9	-
4,0	3	9	-
6,0	3	7	9
10	2	4	6
16	-	3	4

**Eletrodutos:** Aqueles sem caixas de derivação ou equipamentos.

A norma ainda prevê que os trechos retilíneos contínuos de **eletrodutos** não devem exceder 15 m para instalações internas e 30 m para externas. Se houver curvas nos trecho devemos diminuir 3 m para cada 90° de curvas.

Nos trechos delimitados por caixas de passagem ou por extremidades dos eletrodutos, podem ser instaladas no máximo três curvas de 90° ou o seu equivalente até o total de 270°. Em nenhuma hipótese devem ser instaladas curvas com deflexão inferior a 90°. As curvas originadas pela dobra do eletroducto não podem ter reduzido o seu diâmetro interno.

As emendas ou isolações em condutores não devem passar pelos **eletrodutos**, estas devem ser feitas nas caixas de passagem ao longo da instalação.

As caixas de passagem devem ser utilizadas:

- Sempre que houver emenda ou derivação de condutores;
- Nos pontos de entrada ou saída de condutores.

As caixas de derivação devem ser colocadas em trechos de fácil acesso e manutenção e também devem ser providas de tampa. As caixas que contiverem dispositivos como tomadas de corrente, interruptores, etc. devem ser fechadas com os respectivos espelhos, próprios para esses dispositivos.

## SEÇÃO 3

### Acessórios

Diversos são os acessórios encontrados para utilização na instalação, curvas prontas em diversos ângulos, caixas de passagem, luvas, etc. garantem uma fácil montagem.

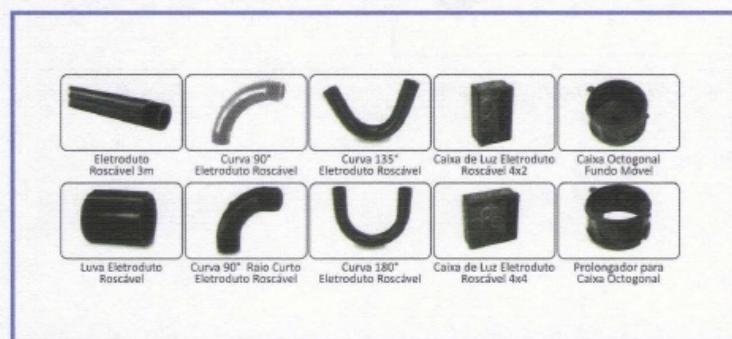


Figura 48 - Acessórios para Instalações com Eletrodutos  
Fonte: Tigre (2009).

Além do eletroducto de PVC, encontramos eletrodutos metálicos rígidos e flexíveis com aplicação industrial.

Os eletrodutos podem ser encontrados nas seguintes seções:

3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 3 1/2", 4", 5" e 6".

Hoje em dia encontramos as conexões para eletrodutos “encaixáveis” em um sistema modular de fácil instalação no qual não necessitamos abrir roscas nos eletrodutos para encaixe nos condutores e luvas.

Esse sistema está disponível para eletrodutos de 1/2”, 3/4”, 1”, para aplicações típicas em residências, escritórios e na indústria.

## SEÇÃO 4

### Abertura de rosca

Embora o sistema encaixável de eletrodutos e acessórios esteja sendo cada vez mais utilizado – e em breve deverá dominar a maioria das instalações –, poderemos nos deparar com os eletrodutos e acessórios rosqueáveis. Convém, portanto, aprendermos a abrir rosca e a curvá-los. Primeiramente prendemos o eletroducto na morsa, em seguida utilizando um arco de serra iremos cortá-lo. Marque no eletroducto o ponto de corte, a posição do arco deve ser de 90° em relação a esse ponto e ao eletroducto. Veja na figura!

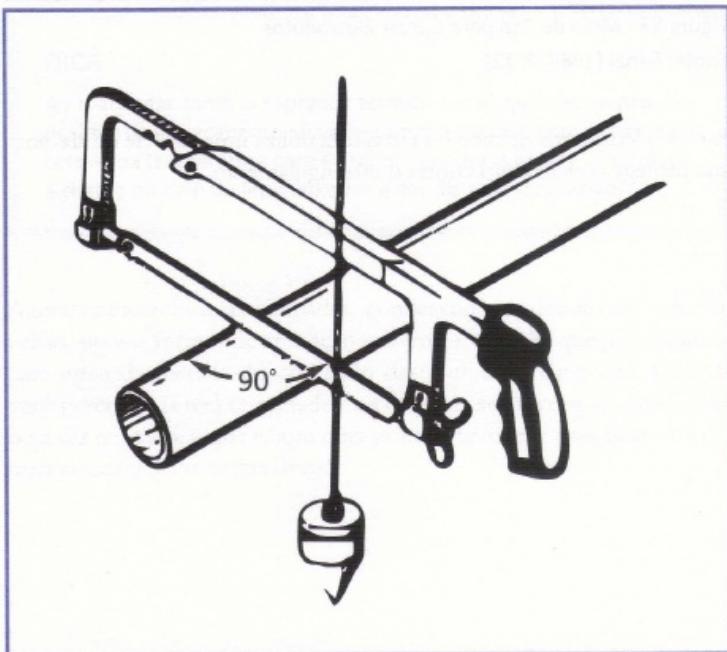


Figura 49 - Ângulo de 90° do Arco de Serra em relação ao Eletroducto  
Fonte: Senai (1980, P. 21).

O ponto marcado deve estar aproximadamente 20 cm de onde a morsa prende o eletroducto. Com movimentos firmes, force o arco com um pouco de inclinação para frente, cuidando para não fugir da marca. Observe!



Figura 50 - Cortando o Eletroducto  
Fonte: Senai (1980, P. 21).

Verifique se o corte ficou reto em relação ao eletroducto e se não ficaram rebarbas capazes de danificar a isolação dos condutores. Selecione uma tarraxa apropriada (mesma seção do eletroducto) e inicie a rosca no eletroducto girando a tarraxa no sentido horário e anti-horário até que a mesma esteja com metade do comprimento da luva ou do condutante.

Cuidado para não forçar demais a tarraxa ou apressar a rosca, pois isso pode arrebentar o eletroducto.

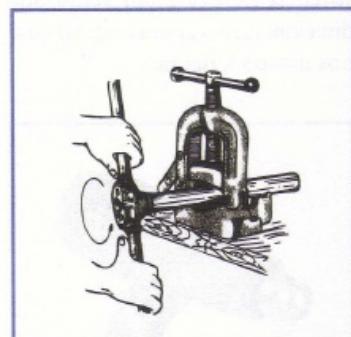


Figura 51 - Abertura de Rosca Utilizando a Tarraxa  
Fonte: Senai (1980, P. 23).

Os mesmos procedimentos devem ser tomados para abertura de rosca em eletrodutos de metal tendo o cuidado de lubrificá-lo quando do uso da tarraxa.

Quando fizermos o aquecimento, devemos girar o eletroduto para que o mesmo aqueça por igual evitando bolhas por sobreaquecimento.

Ao curvar o eletroduto observe se o mesmo não “estrangula”, ou seja, se o diâmetro interno não é afetado pela curvatura.

Uma maneira de evitar a diminuição do diâmetro interno na curvatura do eletroduto é inserir em seu interior areia (para eletrodutos de até 1 m de comprimento) ou então uma mola de arame de aço.

## SECÃO 5

### Curvamento

Encontramos curvas prontas para uso com eletrodutos, quer sejam com rosca ou encaixáveis, porém não é incomum termos de curvar eletrodutos nas instalações em geral. Abaixo a sequência de operação para curvar eletrodutos.

Para efetuarmos a curva no eletroduto devemos aquecê-lo, deixando o PVC maleável. Podemos usar a chama do maçarico de um liquinho, de uma estopa imbebida em álcool ou um soprador térmico (equipamento que realiza o aquecimento através de uma resistência elétrica e um ventilador direcionando o ar quente), tal qual nos mostra a figura.

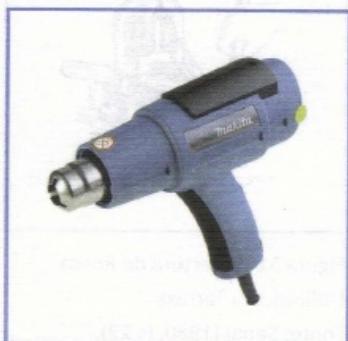


Figura 52 - Soprador Térmico

Fonte: Adaptado de Bosch (2009).

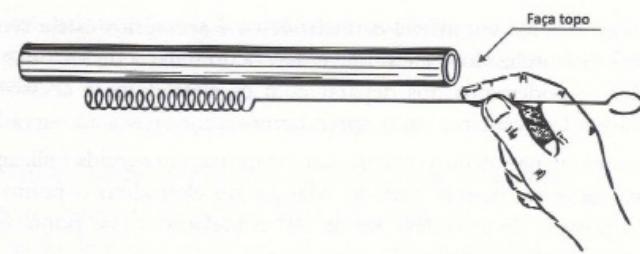
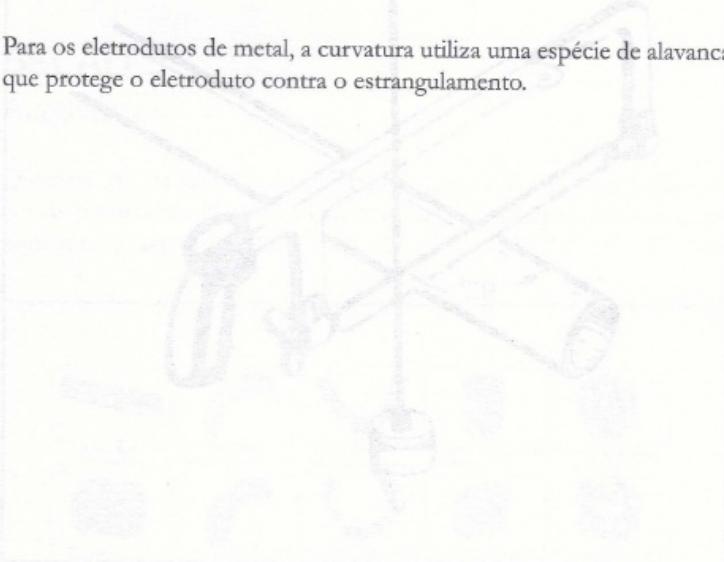


Figura 53 - Mola de Aço para Curvar Eletrodutos

Fonte: Senai (1980, P. 12).

Para os eletrodutos de metal, a curvatura utiliza uma espécie de alavanca que protege o eletroduto contra o estrangulamento.



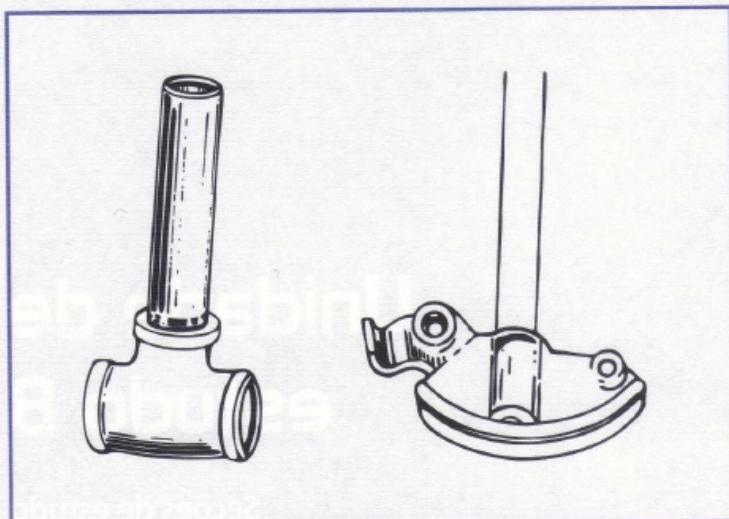


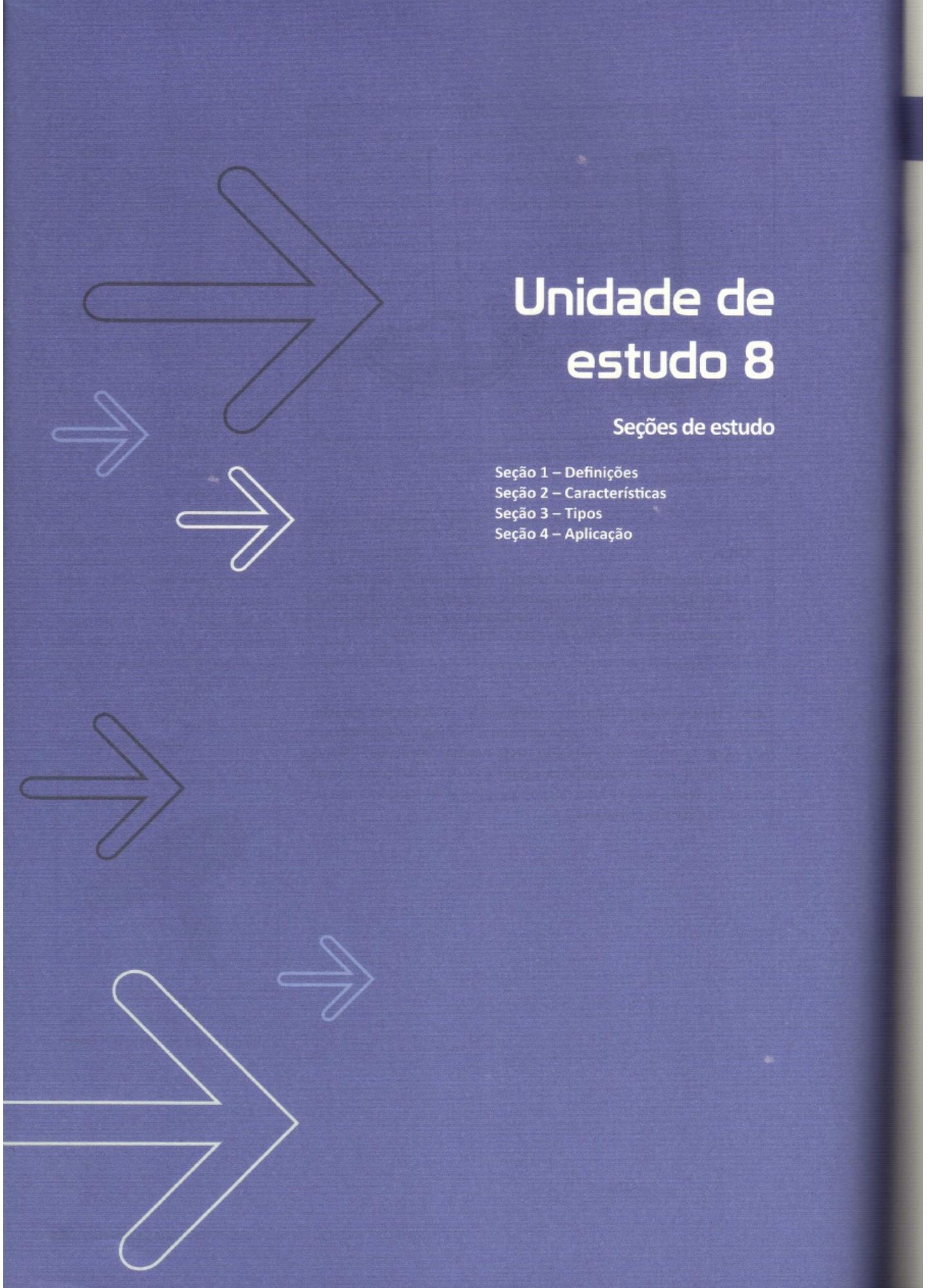
Figura 54 - Ferramenta para Curvar Eletrodutos de Metal

Fonte: Senai (1980, P. 7-8).

#### DICA

Ao manusear tanto o soprador térmico como qualquer outro dispositivo de aquecimento, deve-se tomar o cuidado com a chama ou com a sua temperatura para evitar queimaduras graves, além disso, a chama no caso do liquinjo deve estar distante do botijão.

Agora, estudaremos as lâmpadas, conhecendo as definições, características, tipos e formas de aplicação existentes. Perceba que já avançamos para além da metade do conteúdo desta unidade curricular. Quando você perceber, já terá terminado esta etapa na sua formação, pois, como bem diz o ditado, o que é bom dura pouco. Aproveite para desfrutar das boas coisas que lhe reservamos!



# Unidade de estudo 8

## Seções de estudo

- Seção 1 – Definições
- Seção 2 – Características
- Seção 3 – Tipos
- Seção 4 – Aplicação

# Lâmpadas

## SEÇÃO 1

### Definições

- **Luz visível:** é uma radiação eletromagnética compreendida entre 380 e 780 nm.
- **Cores:** são porções do espectro visível que são refletidas pelos objetos; a luz é composta por três cores primárias – o verde, o vermelho e o azul, o restante das outras cores são combinações destas.
- **Fluxo luminoso:** quantidade de total de luz emitida por uma fonte – unidade: lúmen (lm); símbolo:  $\varphi$ .
- **Intensidade luminosa:** fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto – unidade: candela (cd); símbolo: I.
- **Iluminância:** quantidade de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância desta – unidade: lux (lx); símbolo: E.
- **Luminância:** quantidade de luz refletida por uma superfície – unidade: cd/m<sup>2</sup>; símbolo: L.

## SEÇÃO 2

### Características

- **Eficiência energética:** relação entre a quantidade de luz gerada e a potência consumida – unidade: lúmen/watt (lm/W); símbolo:  $\eta_w$  ou K.
- **Temperatura de cor:** definida para diferenciar a tonalidade

de cor das lâmpadas, quanto maior mais branca aparenta ser a iluminação – unidade: kelvin (K); símbolo: T.

Do ponto de vista psicológico dizemos que uma luz é “quente” quanto apresenta uma tonalidade mais amarelada e “fria” quanto mais branca for a iluminação, isto está relacionado com a sensação de aconchego de um ambiente iluminado por uma luz “quente” em relação a uma luz “fria”.

Índice de reprodução de cores: escala de 1 a 100 que indica o desempenho na reprodução das cores quando comparadas à lâmpada incandescente (IRC = 100). Símbolo: IRC ou Ra.

Quanto maior a diferença na aparência de cor de um objeto iluminado em relação ao padrão (IRC = 100) menor é o seu IRC.

- **Fator de fluxo luminoso:** desempenho do conjunto reator/lâmpada quando comparado ao fluxo nominal da lâmpada somente – unidade: %; símbolo: BF.

## SEÇÃO 3

### Tipos

Podemos dividir as lâmpadas em dois grandes grupos, as de incandescência e as de descarga.

#### » Lâmpadas de incandescência

- **Incandescentes:** funcionam através da incandescência de um filamento de tungstênio colocado em bulbo onde é feito vácuo ou preenchido com um gás inerte (nitrogênio ou argônio). Com temperatura de cor de 2.700 K (amarelada) e IRC de 100, possuem vida média de mil horas, o fluxo luminoso para uma lâmpada de 60 W fica em torno de 715 lumens. Em função do custo e da durabilidade é ainda a mais usada na iluminação residencial.

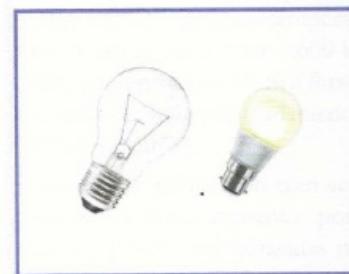


Figura 55 - Lâmpadas Incandescentes  
Fonte: Adaptado de Osram (2009).

- **Halógenas:** também são consideradas incandescentes

**Radiação ultravioleta:** Invisível ao olho humano.

por terem o mesmo princípio de funcionamento, porém são incrementadas com gases halógenos que, dentro do bulbo, combinam-se com as partículas de tungstênio desprendidas do filamento. Essa combinação, associada à corrente térmica dentro da lâmpada, faz com que as partículas se depositem de volta no filamento, criando assim o ciclo regenerativo do halogênio.

Suas principais vantagens em relação às lâmpadas incandescentes são:

- Luz mais branca, brilhante e uniforme durante toda vida;
- Alta eficiência energética; vida útil mais longa (entre 2 e 4 mil horas);
- Menores dimensões.

Sua temperatura de cor é de 3.000 K com IRC de 100, fluxo luminoso de 350 lumens (20 W). As lâmpadas halógenas dicroicas possuem um refletor dicroico que tem a função de desviar parte do calor para trás, reduzindo assim a radiação térmica emitida pela lâmpada em até 66%.

## ➤ Lâmpadas de descarga

Todas as lâmpadas de descarga, com exceção da lâmpada mista, necessitam de um reator que tem a função de gerar um pulso de alta tensão necessário para ionizar o gás no interior da lâmpada e após essa ionização limitar a corrente da mesma.

▪ **Fluorescentes tubulares:** de alta eficiência e longa durabilidade, emitem luz pela passagem da corrente elétrica através de um gás, descarga essa quase que totalmente formada por **radiação ultravioleta** que, por sua vez, será convertida em luz pelo pó fluorescente que reveste a superfície interna do bulbo.

É da composição desse pó que resultam as mais diferentes alternativas de cor de luz adequadas a cada tipo de aplicação, além de determinar a qualidade e quantidade de luz e a eficiência na reprodução de cor.

São encontradas nas versões *Standard* (com eficiência energética de até 70 lm/W, temperatura de cor entre 4.100 e 6.100 K e índice de reprodução de cor de 85) e Trifós-



Figura 56 - Lâmpadas Halógenas

Fonte: Adaptado de Osram (2009).

foro (eficiência energética de até 100 lm/W, temperatura de cor entre 4.000 e 6.000 K e índice de reprodução de cor de 85), a vida útil da fluorescente tubular é de aproximadamente 7.500 horas.

- **Lâmpadas fluorescentes circulares:** possuem dimensões reduzidas em comparação às fluorescentes tubulares, mas com as mesmas características das fluorescentes compactas. Encontradas nas temperaturas de 2.700 k até 6.400 k, possuem vida útil em torno de 6.000 horas, seu IRC fica entre 80 e 89 e o fluxo luminoso em torno de 1.300 lm (22 W).

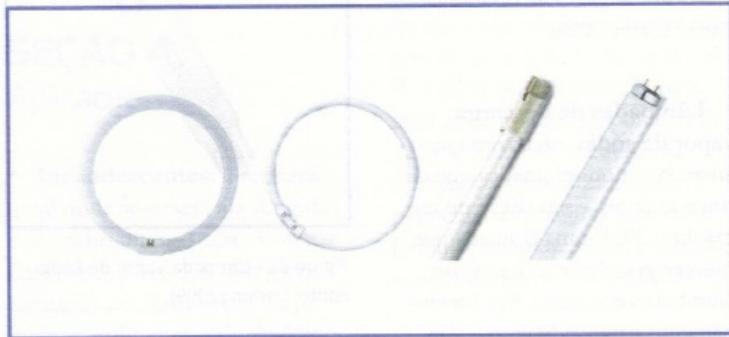


Figura 57 - Lâmpadas Fluorescentes Circulares

Fonte: Adaptado de Osram (2009).

- **Lâmpadas fluorescentes compactas:** apresentam as mesmas vantagens da fluorescente tubular, porém com dimensões reduzidas. O índice de reprodução de cores varia de 80 a 89 e é encontrada nas temperaturas de cor de 2.700 k até 6.400 k; o fluxo luminoso para uma lâmpada de 10 W é de aproximadamente 250 lm. A vida útil da fluorescente compacta fica em torno de 6.000 horas.

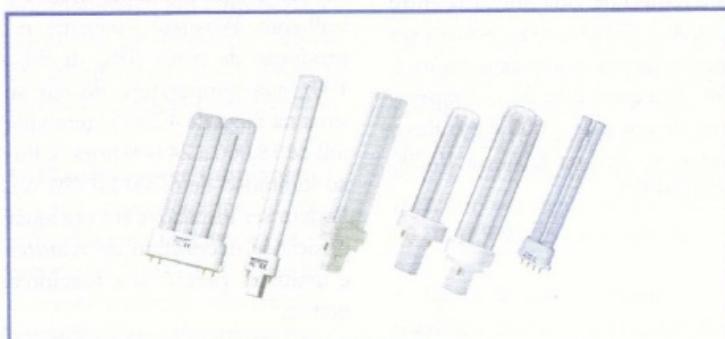


Figura 58 - Lâmpadas Fluorescentes Compactas

Fonte: Adaptado de Osram (2009).

**Lâmpadas fluorescentes compactas com reator eletrônico integrado:** também com dimensões reduzidas, diferem das outras lâmpadas fluorescentes por possuem um reator eletrônico integrado ao seu corpo.

Encontradas nas temperaturas de cor de 2.700 k até 6.400 k, sua vida média fica em torno das 6.000 horas, o IRC na faixa de 80 a 89 e o fluxo luminoso em torno de 1.500 lm (26 W).

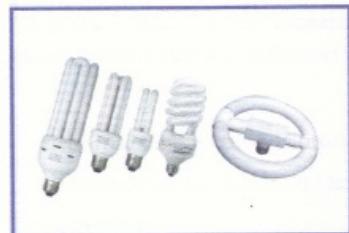


Figura 59 - Lâmpadas Fluorescentes Compactas com Reator Eletrônico

Fonte: Asaptado de Osram (2009).

- **Lâmpadas de luz mista:** lâmpadas de descarga com alta intensidade, e formato ovóide, compostas por um tubo de descarga de quartzo preenchido por vapor de mercúrio conectado em série com um filamento de tungstênio.

Podem ser ligadas diretamente à rede sem a necessidade da utilização de reatores e são uma alternativa para a substituição de lâmpadas incandescentes de alta potência.

Sua vida útil é de aproximadamente 8.000 horas, sua temperatura de cor se situa entre 3.600 k, o IRC está entre 60 e 69. Seu fluxo luminoso é de aproximadamente 3.100 lm (160 W).

É necessário ter atenção com sua posição de funcionamento, pois elas não podem ser instaladas na posição horizontal. Seu ângulo máximo em relação à vertical é de 45°.

**Ignitor** é uma espécie de starter que eleva a tensão na hora da partida.

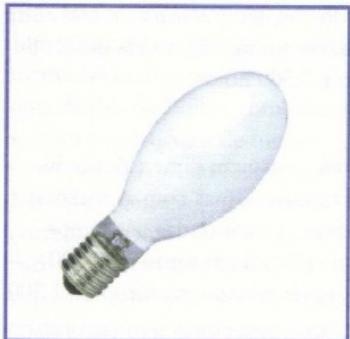


Figura 60 - Lâmpada De Luz Mista

Fonte: Osram (2009).

■ **Lâmpadas de descarga vapor de sódio:** oferecem luz amarela e monocromática que distorce as cores – seu IRC é de no máximo 30. É uma lâmpada que oferece grande fluxo luminoso com baixo consumo. Seu funcionamento é parecido com o das fluorescentes, exceto pela presença do sódio no lugar do mercúrio. A partida requer reator específico e **ignitor**.

As lâmpadas de vapor de sódio representam a alternativa mais econômica e prática para a iluminação de exteriores e interiores, onde não se faz necessária uma excelente reprodução de cores. Seu tempo de vida útil varia entre 16.000 e 32.000 horas, podem ser instaladas em qualquer posição, o IRC fica entre 20 e 39, a temperatura de cor é de 2.000 k e o fluxo luminoso fica na faixa de 10.200 lm (100 W).

Existem ainda as lâmpadas de vapor de sódio brancas, uma combinação do vapor de sódio com o gás xenon resultando numa luz brilhante como as halógenas e com excelentes índices de reprodução de cores.

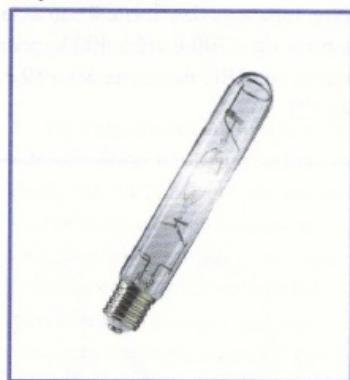


Figura 61 - Lâmpada Vapor de Sódio

Fonte: Osram (2009).

■ **Lâmpadas de descarga vapor metálico:** estas lâmpadas empregam um tubo de descarga cerâmico e substituem com maior eficiência as lâmpadas em formato ovóide, proporcionando até 25% mais luz.

Possuem maior estabilidade de cores ao longo de sua vida útil, sua luz é extremamente branca e brilhante. Possuem excelente reprodução de cores (IRC de 90 a 100), sua temperatura de cor se situa na faixa de 4.200 k, têm vida útil de 18.000 a 24.000 horas e fluxo luminoso de 6.700 lm (70 W). Podem ser instaladas em qualquer posição e necessitam de reatores e ignitores para o seu funcionamento.



Figura 62 - Lâmpada Vapor Metálico

Fonte: Osram (2009).

## SEÇÃO 4

### Aplicação

- **Incandescentes:** iluminação geral onde se deseja luz dirigida e de facho intenso com diversos ângulos de abertura, têm grande aplicação em iluminação de pequenos ambientes, principalmente residenciais. São encontradas nas potências de 25 W, 40 W, 60 W, 100 W, 150 W e 200 W.
- **Halógenas:** tipo lapiseira são usadas em refletores para iluminar fachadas e *outdoors*. São encontradas nas potências de 100 W, 150 W, 300 W, 500 W e 1.000 W.
- **Halógenas dicróicas:** usadas principalmente em vitrines para realçar um produto e em decoração de interiores onde a iluminação indireta realça o ambiente.
- **Fluorescentes tubulares:** por seu ótimo desempenho são indicadas para iluminação de escritórios, lojas e indústrias tendo espectro luminoso para cada aplicação. São encontradas nas
- **Fluorescentes compactas, circulares e eletrônicas:** as fluorescentes compactas eletrônicas e a fluorescente circular vêm aos poucos substituindo as lâmpadas incandescentes na iluminação residencial visto sua maior durabilidade, economia e queda de preços no mercado. São encontradas nas potências de 5 W, 11 W, 15 W, 20 W e 22 W (eletrônicas), as circulares encontramos na potência de 22 W e 32 W. As fluorescentes compactas são utilizadas principalmente em abajures para uma iluminação direta, são encontradas nas potências de 9 W e 10 W.
- **Luz mista:** quando se deseja uma maior iluminação que a lâmpada incandescente sem que se faça uso do reator, a lâmpada de luz mista é utilizada. Geralmente é usada na iluminação externa ou em galpões e interiores de indústrias. É encontrada nas potências de 160 W, 250 W e 500 W.
- **Vapor de mercúrio:** é utilizada na iluminação de interiores de grandes proporções onde o pé direito é alto e a substituição das lâmpadas é de elevado custo, também é utilizada em iluminação de vias públicas e áreas externas. Encontramos a vapor de mercúrio nas seguintes potências: 80 W, 125 W, 250 W e 400 W.
- **Vapor de sódio e vapor metálico:** têm a mesma aplicação que a vapor de mercúrio com a

potências de 10 W (luminárias de emergência), 15 W, 20 W, 30 W, 40 W e 110 W (HO).

vantagem de uma maior eficiência energética e uma reprodução de cores maior, são encontradas nas potências de: 70 W, 100 W, 150 W, 250 W, 400 W, 600 W e 1.000 W (vapor de sódio) e 70 W, 150 W, 250 W, 400 W, 500 W, 1.000 W e 2.000 W.

Os reatores utilizados nas lâmpadas fluorescentes tubulares podem ser:

- eletromagnéticos convencionais;
- eletromagnéticos partida rápida;
- eletrônicos.

Como comentado anteriormente, a função do reator é fornecer um pico de alta tensão necessário à partida da lâmpada (ionização do gás) e, após a partida da mesma, limitar a corrente.



Figura 63 - Reatores Eletromagnéticos de Partida Rápida

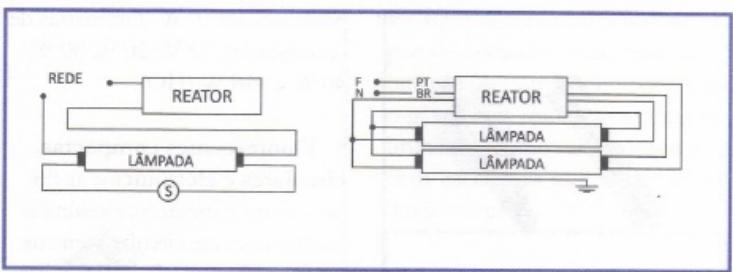


Figura 64 - Conexões dos Reatores Eletromagnéticos

Os reatores eletrônicos já dominam a maioria das aplicações em iluminação residencial, comercial e industrial.

Seu baixo custo, alta eficiência (conjunto reator-lâmpada), durabilidade e facilidade de instalação o tornam ideal nessas aplicações.

Deve-se ter o cuidado na ligação, pois a entrada possui três terminais de seleção, um comum, um para 127 V e outro para 220 V.



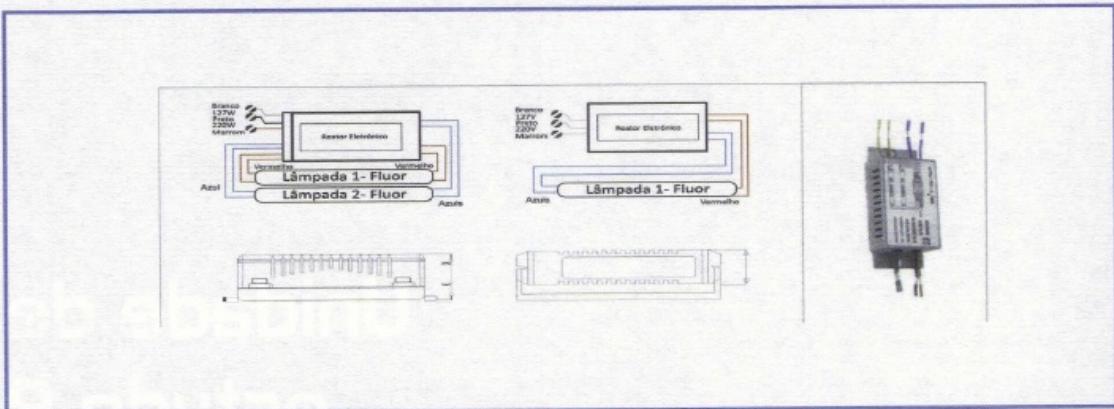


Figura 65 - Reator Eletrônico

Fonte: Osram (2009).

Estudaremos agora a respeito da iluminação e tomadas segundo a NBR 5410/05. Antes de avançar, faça uma busca na internet e veja as novas lâmpadas de LED que estão aos poucos substituindo as lâmpadas comuns em diversas aplicações. Vamos! Aprofunde-se em seus estudos!



# **Unidade de estudo 9**

**Seções de estudo**

**Seção 1 – Distribuição da iluminação**

**Seção 2 – Tomadas de força**

# Illuminação e Tomadas Segundo a NBR 5410/05

## SEÇÃO 1

### Distribuição da iluminação

A NBR 5410/05 estabelece que se deva prever pelo menos um ponto de luz no teto em cada cômodo ou dependência comandado por interruptor de parede. As arandelas de banheiros devem estar no mínimo a 60 cm do limite do boxe.

As potências mínimas devem atender as condições:

- 100 VA para área igual ou inferior a 6 m<sup>2</sup>;
- 100 VA para os primeiros 6 m<sup>2</sup> mais 60 VA para cada 4 m<sup>2</sup> inteiros.

Por exemplo, se tivermos um cômodo de 4,5m x 5m, a área total será de 22,5 m<sup>2</sup>, logo teremos:

- para os primeiros 6 m<sup>2</sup>, 100 VA, como restam 16,5 m<sup>2</sup>, dividindo por 4 teremos como resultado 4,125, utilizando os inteiros, ou seja, 4; acrescentamos mais 240 VA de iluminação totalizando 340 VA.

A distribuição dessa iluminação deve ser a mais uniforme possível para evitar espaços iluminados demais e outros com pouca iluminação. Para utilizarmos lâmpadas iguais, podemos arredondar para cima a potência necessária.

#### DICA

Podemos utilizar lâmpadas fluorescentes em vez das incandescentes desde que elas tenham equivalência de fluxo luminoso. A norma não estabelece critérios para a iluminação exterior, ficando esta a cargo do cliente ou do projetista.

## SEÇÃO 2

### Tomadas de força

As tomadas de força, segundo a norma, são classificadas em dois grupos:

- tomadas de uso geral (TUG);
- tomadas de uso específico (TUE).

As tomadas de uso geral são aquelas utilizadas em eletrodomésticos comuns, tais como: televisores, rádios, ventiladores, geladeiras, aspiradores de pó, etc., ou seja, para cargas com pouca potência.

As tomadas de uso específico são aquelas destinadas aos equipamentos de maior consumo, tais como: chuveiros, torneiras elétricas, aparelhos de ar-condicionado, fornos elétricos, etc.

Em relação às tomadas de uso geral a norma especifica que devemos ter no mínimo uma tomada em dependências iguais ou inferiores a 6 m<sup>2</sup>. Para cômodos ou dependências maiores que 6 m<sup>2</sup> no mínimo uma tomada para cada 5 m ou fração do perímetro.

Para cozinhas, copas ou copas-cozinha, uma tomada a cada 3,5 m ou fração do perímetro, independentemente da área.

Em banheiros uma tomada junto ao lavatório e distante no mínimo 60 cm do boxe, independentemente da área.

Em varandas, sótãos, garagens, etc. no mínimo uma tomada, independentemente da área.

As potências atribuídas às tomadas de uso geral são:

- para banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinha, lavanderias, áreas de serviço e semelhantes atribuir 600 VA para as três primeiras tomadas e 100 VA para as demais;
- para os demais cômodos ou dependências da residência atribuir 100 VA por tomada.
- As potências atribuídas às tomadas de uso específico devem ser:
- A potência nominal do equipamento a ser alimentado.

### **Exemplos**

1. Supondo uma sala com dimensões de 6 m por 5 m, teremos a área dada pela multiplicação das dimensões, ou seja,  $6m \times 5m = 30\text{ m}^2$  e o perímetro dado pela soma dos comprimentos das mesmas, ou seja,  $6 + 5 + 6 + 5 = 22\text{ m}$ .

Como a área é maior do que 6 m<sup>2</sup> utilizamos o perímetro, dividindo 22 por 5 teremos 4,4, logo utilizaremos 5 tomadas TUG de 100 VA distribuídas uniformemente na sala.

Abaixo uma tabela contendo o consumo médio de alguns eletrodomésticos:

Tabela 9 - Potência Média de Alguns Eletrodomésticos

Aparelho	Potência Média (W)	Aparelho	Potência Média (W)
Ventilador pequeno	65	Lavadora de roupas	500
Ventilador de teto	120	Grill	900
Torneira elétrica	3.500	Geladeira	90
Secadora de roupas	3.500	Micro-ondas	1.200
TV 14"	60	Exaustor de parede	110
TV 20"	90	Freezer	130
TV 29"	110	Circulador de ar	200
Secador de cabelo	1.400	Cafeteira	600
Computador	120	Ar-cond. 10.000 Btu's	1.350
Aparelho de som	80	Chuveiro	3.800
Aquecedor de ambiente	1.550	Forno elétrico	1.500
Ar-cond. 7500 Btu's	1.00	Ferro elétrico	1.000

Visto tudo isso, que tal agora avançarmos em mais uma unidade de estudo? Continue antenado!



# **Unidade de estudo 10**

**Seções de estudo**

**Seção 1 – Quadro de distribuição**

**Seção 2 – Divisão da instalação**

**Seção 3 – Disjuntores**

**Seção 4 – Fusíveis**

# Divisão da Instalação

## SEÇÃO 1

### Quadro de distribuição

Toda instalação residencial de uma forma ou outra pode ser representada pelo diagrama em blocos abaixo.

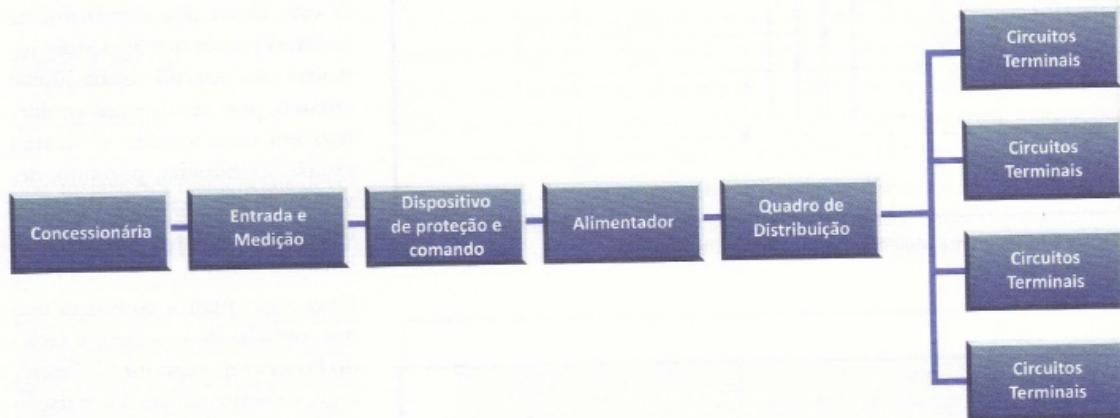


Figura 66 - Diagrama em Blocos de uma Instalação Residencial

A concessionária local disponibiliza a energia elétrica que chega ao quadro de entrada e medição (ou quadro de medição – QM) onde é computado o consumo da residência. Nesse mesmo quadro teremos um dispositivo de seccionamento e proteção, geralmente um disjuntor.

Do QM uma linha geral leva a energia até o quadro de distribuição (QD) onde se concentram os diversos circuitos que alimentam a residência. No QD estão concentrados os dispositivos de proteção desses circuitos.

A localização do QD deve ser efetuada em locais de fácil acesso, tais como corredores, cozinha, área de serviço, etc. próximo ao QM ou das cargas de maior potência (TUE), visando à diminuição dos custos de instalação.

Os quadros de distribuição podem acomodar de 3 a 36 disjuntores (linha tigre), o que depende naturalmente do número de circuitos da instalação. De imediato podemos verificar que a escolha do tipo de quadro (número de disjuntores) está atrelada à divisão dos circuitos da instalação.

A seguir a simbologia multifilar e unifilar do quadro de distribuição ou quadro terminal:

## SEÇÃO 2

### Divisão da instalação

A NBR 5410/05 determina que os circuitos de iluminação e tomadas sejam separados, logo temos de imediato dois circuitos. Ela afirma, ainda, que devemos prever um circuito independente para cada equipamento com corrente acima de 10 A (TUE).

A essa altura fica extremamente razoável prever que as demais tomadas não estejam em um único circuito, pois se tivermos problemas em uma tomada as demais estarão inutilizadas, portanto, devemos dividir o circuito de tomadas gerais (TUG's) em quantos circuitos convier.

Uma regra prática considera que nas tomadas de uso geral a seção do fio não seja superior a  $2,5 \text{ mm}^2$ , logo, devemos dividir a instalação sempre que o somatório das potências nos circuitos ultrapassar 1.270 VA em 127 V ou 2.200 VA em 220 V (outra regra prática).

Dessa divisão serão originados mais circuitos, além desses, devemos prever no quadro de distribuição espaço para um disjuntor geral e um disjuntor diferencial e ainda para futuras ampliações.

A previsão de espaço adicional para futuras ampliações deve ser feita se baseando na tabela abaixo:

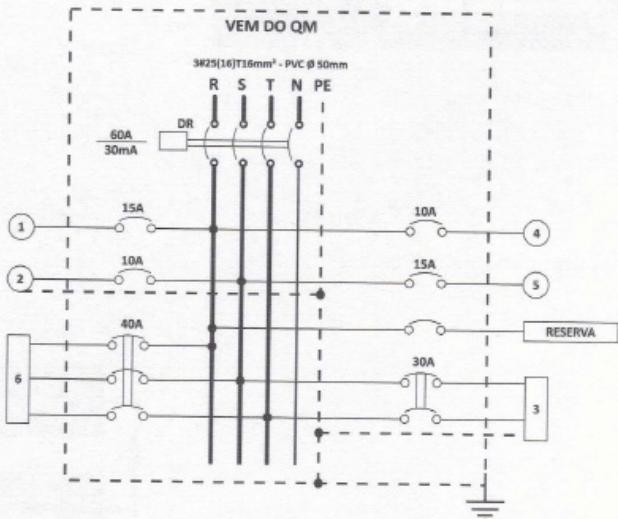


Figura 67 - Diagrama Multifilar do Quadro de Distribuição

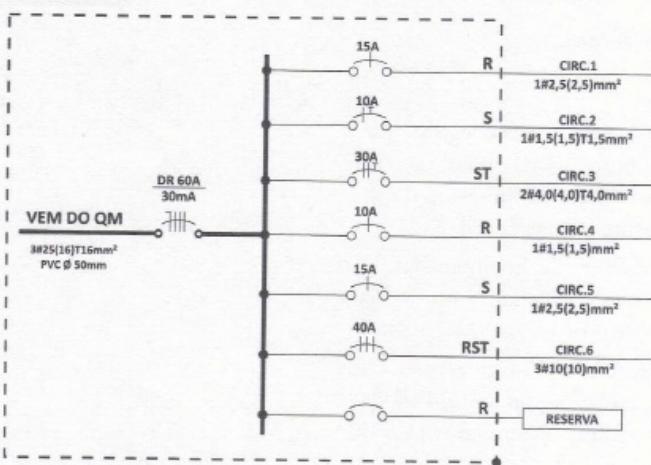


Figura 68 - Diagrama Unifilar do Quadro de Distribuição

Tabela 10 - Previsão de Espaço para Circuitos Adicionais

Até 6 circuitos	2 circuitos adicionais
7 a 12 circuitos	3 circuitos adicionais
13 a 30 circuitos	4 circuitos adicionais
Acima de 30 circuitos	15% dos circuitos

Para circuitos bifásicos ou trifásicos as cargas devem ser distribuídas de modo a termos o maior equilíbrio possível entre as fases.

## SEÇÃO 3

### Disjuntores

Nas instalações residenciais devem ser utilizados disjuntores termomagnéticos (DTM) e disjuntores diferenciais residuais (DR).

Os disjuntores termomagnéticos são dispositivos destinados à proteção contra sobrecarga (elevação gradativa da corrente) e sobre-corrente (curto-círcuito, elevação instantânea da corrente), propiciando ainda a manobra (ligação e desligamento) dos circuitos que estão protegendo.

A proteção contra sobrecarga se dá pelo dispositivo térmico inserido no disjuntor e a contra curto-círcuito pelo dispositivo magnético.

Existem muitos modelos e fabricantes de disjuntores, por isso no catálogo desses fabricantes encontramos diversas correntes nominais, mas podemos tomar por base as seguintes:

10 A; 15 A; 20 A; 25 A; 30 A; 35 A; 40 A; 50 A; 60 A e 70 A.

O correto dimensionamento e a escolha dos disjuntores serão vistos quando efetuarmos o projeto da instalação elétrica como um todo.

Os disjuntores diferenciais residuais são dispositivos utilizados para proteção das pessoas ou animais contra choques elétricos e das instalações contra incêndios – é uma exigência da NBR 5410/05.

Seu princípio de funcionamento se baseia na diferença das correntes de entrada e saída do circuito, ou seja, se houver uma “fuga” de corrente o dispositivo automaticamente detecta essa fuga e desliga.



Figura 70 - Dispositivos Dr

Fonte: Adaptado de Siemens (2009).



Figura 69 - Disjuntores Eletromagnéticos  
Fonte: Siemens (2009).

O disjuntor diferencial residual atua na proteção contra sobrecorrente e contra contato direto ou indireto de pessoas ou animais. O contato direto, como o próprio nome diz, é aquele que ocorre diretamente com a rede elétrica, geralmente por uma falha na isoliação dos condutores que ligam os equipamentos na rede ou por contato nas tomadas de força.

O contato indireto é aquele causado quando uma pessoa toca uma superfície metálica de uma instalação ou equipamento cuja superfície está energizada por falha na isoliação ou em seu funcionamento.

Os dispositivos DR são dispositivos bipolares (fase e neutro ou fase e fase) ou tetrapolares (trifásico + neutro) e são encontrados nas correntes de 10 mA até 500 mA, dependendo da corrente nominal do disjuntor e do tipo de rede de alimentação.

A atuação do dispositivo de 30 mA é a que melhor protege o ser humano contra choques acidentais, mesmo que diretos.

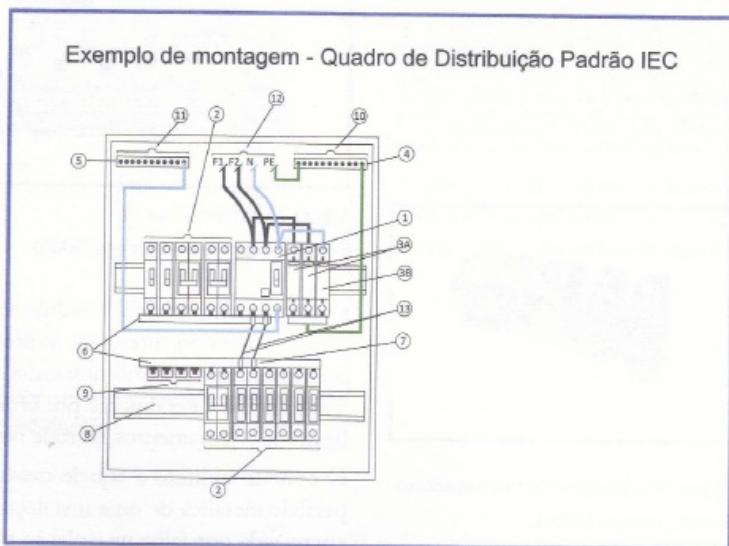
Resta apenas uma observação, enquanto nos disjuntores teremos “passando” apenas a fase, nos DR teremos fase e neutro e este **não pode** ser aterrado após o disjuntor residual diferencial.

Os dispositivos de proteção contra surtos (DPS) protegem os eletrodomésticos conectados à rede contra sobretensões originárias de descargas atmosféricas ou manobras na rede. Atuam descarregando para o terra da instalação os surtos de alta tensão causados pelos raios.



Figura 71 - Dispositivos DPS  
Fonte: Adaptado de Siemens (2009).

Abaixo um exemplo de montagem do quadro de distribuição:



## SEÇÃO 4

### Fusíveis

Os fusíveis são dispositivos utilizados para a proteção dos circuitos contra sobrecorrentes (curto-círcito), são projetados para suportarem a corrente nominal da instalação durante tempo indefinido; somente quando tivermos um curto-círcito eles atuarão.

Os fusíveis são constituídos por um material com baixo ponto de fusão, é basicamente um fio ou lâmina de cobre, prata, estanho ou outra liga alocado em um corpo (geralmente cerâmica) preenchido por um material extintor (arcia de quartzo) e hermeticamente fechado.

Em relação ao material extintor, este é necessário, pois uma vez que o fusível se funda, sob a ação de um curto-círcito, a corrente não é interrompida plenamente, pois se estabelece um arco elétrico. O material extintor envolve o arco elétrico e o extingue. O corpo do fusível deve permanecer isolante após a fusão, caso contrário se estabeleceria uma nova corrente.

Existe uma grande quantidade de tipos de fusíveis, desde fusíveis de vidro até fusíveis para instalações industriais, com grande capacidade de corrente. O tipo mais comum, usado em instalações de baixa tensão e potência é o fusível diazed, mostrado abaixo:

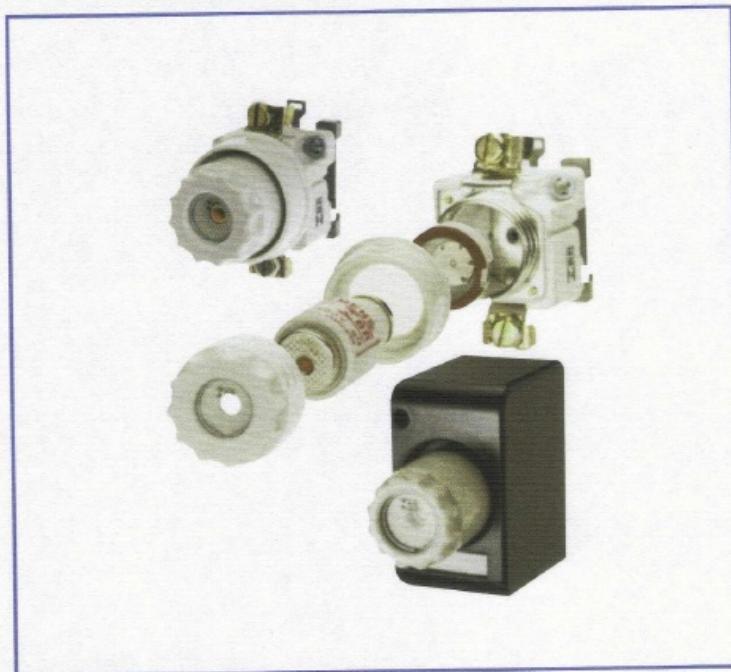
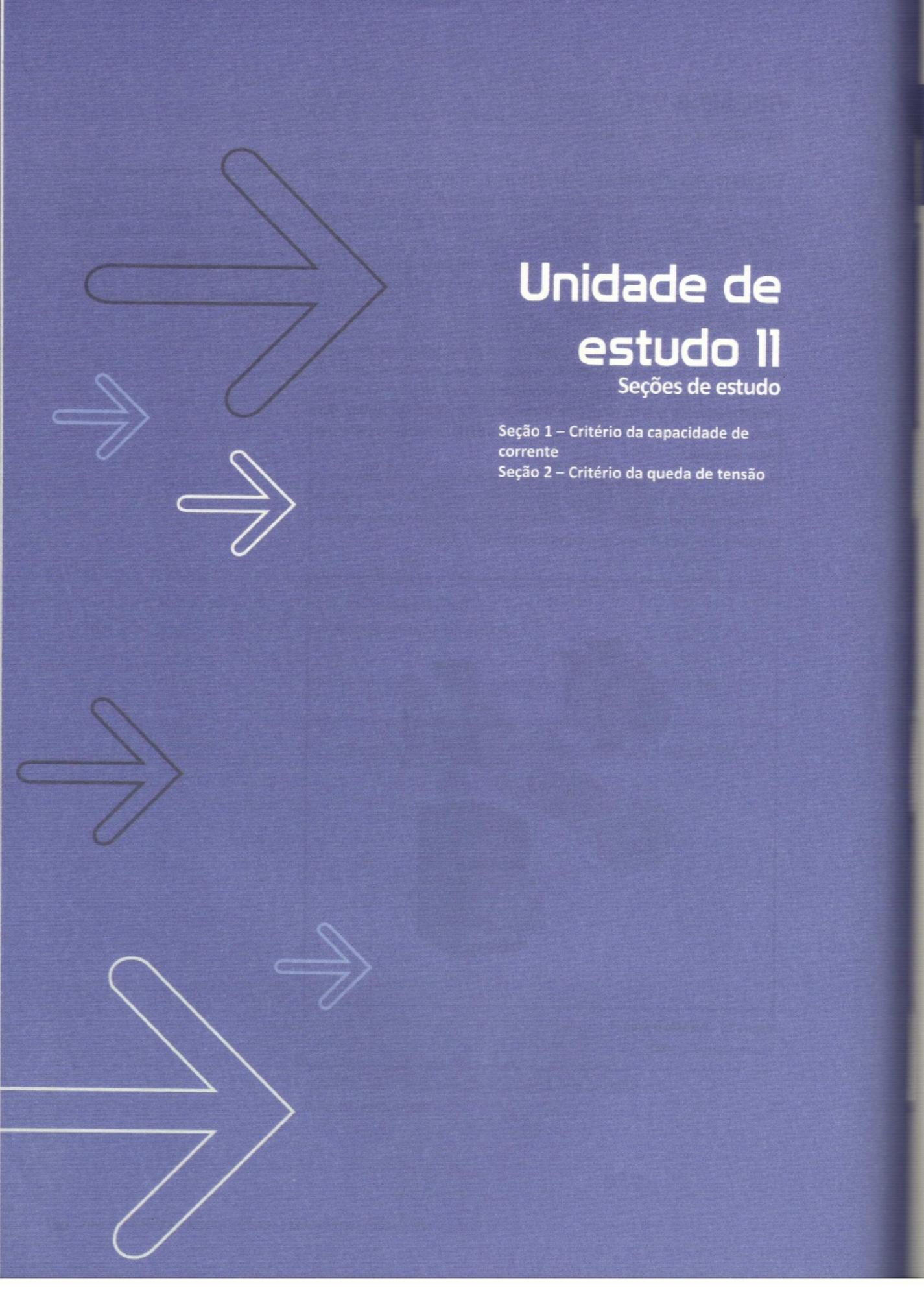


Figura 73 - Fusíveis Diazed

Fonte: Siemens (2009).

Estamos nos aproximando do final desta unidade curricular! Falta pouco agora para você adquirir os conhecimentos, habilidades e competências que precisa para a sua formação técnica. Continue concentrado em sua aprendizagem!



## **Unidade de estudo 11**

Seções de estudo

Seção 1 – Critério da capacidade de  
corrente

Seção 2 – Critério da queda de tensão

# Dimensionamento de Condutores Elétricos da Instalação

## SEÇÃO 1

### Critério da capacidade de corrente

O correto dimensionamento dos condutores leva em consideração o tipo de instalação: embutida, exposta, abrigada ou ao ar livre e também o tipo de conduto utilizada na mesma.

A NBR 5410, cuja última edição data de 31 de março de 2005, apresenta diversas tabelas que resumem as situações mais rotineiras em termos de instalações elétricas, combinando o tipo de condutor ou cabo com o conduto e sua fixação.

Após o levantamento dessa tabela, uma segunda etapa procurou resumir o comportamento térmico dos diversos tipos de instalação chegando a nove categorias que exprimem as mais de quarenta situações levantadas anteriormente.

O intuito desse levantamento foi o de conseguir determinar a capacidade de condução de corrente para os diversos tipos de instalação.

A norma previu uma capacidade máxima de condução de corrente na temperatura ambiente de 30 °C para linhas acima do solo e de 20 °C para linhas abaixo deste. Para temperaturas diferentes destas, a norma fornece uma tabela com fatores de correção.

A seguir as codificações dos nove arranjos:

Tabela 11 - Instalações Típicas

A1	Condutores isolados embutidos em parede termicamente isolante
A2	Cabo multipolar embutido em parede termicamente isolante
B1	Condutores isolados em eletrodutos sobre paredes
B2	Cabo multipolar em eletroduto sobre parede
C	Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede
D	Cabo multipolar em eletroduto enterrado
E	Cabo multipolar ao ar livre
F	Cabos unipolares justapostos ao ar livre
G	Cabos unipolares espaçados (no mínimo de um diâmetro) ao ar livre

➤ **Condutor carregado:** é aquele que efetivamente é percorrido pela corrente no funcionamento normal do circuito.

A simplificação dos tipos de instalações deve ser considerada:

- A1, A2, B1 e B2 são linhas fechadas;
- D é linha enterrada;
- D, E, F e G são linhas abertas.

A capacidade de condução de corrente aumenta conforme avançamos na letra designada para a instalação.

De acordo com as categorias de instalação obtemos as tabelas de condução de corrente válidas para os condutores carregados, cuja definição é:

Dessa forma, teremos:

- circuito monofásico (F + N) → dois condutores carregados (2 cc);
- circuitos bifásicos (2F + N) → três condutores carregados (3 cc);
- circuitos bifásicos (F + F) → dois condutores carregados (2 cc);
- circuitos trifásicos (3F) → três condutores carregados (3 cc);
- circuitos trifásicos (3F + N) → quatro condutores carregados (4 cc).

Para as categorias de instalação A1, A2, B1 e B2, isolação dos condutores de PVC, considerando a temperatura do condutor igual a 70 °C, temperatura ambiente 30 °C para instalação não enterrada e 20 °C para instalação enterrada, teremos as seguintes capacidades de condução de corrente de acordo com a seção dos condutores:

Tabela 12 - Capacidade de Condução de Corrente em Função da Seção do Condutor para as Categorias de Instalação A1, A2, B1, B2, C, D

mm <sup>2</sup>	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2 cc	3 cc	3 cc	2 cc	2 cc	3 cc						
<b>Cobre</b>												
1,0	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
4w	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

Na tabela anterior foram suprimidos os condutores com seção maior do que 120 mm<sup>2</sup>, bem como os condutores de alumínio. Para as categorias E, F e G, teremos:

Tabela 13 - Capacidade de Condução de Corrente em Função da Seção do Condutor para as Categorias de Instalação E, F, G

mm <sup>2</sup>	E		F			G	
	2 cc	3 cc	2 cc	3 cc	3 cc	3 cc	3 cc
<b>Cobre</b>							
1,0	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	61	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
Cabos multipolares				Cabos unipolares			
Fig.	1	2	3	4	5	6	7

Veja, agora, a figura a seguir a respeito da capacidade de condução de corrente em função da seção do condutor para as categorias de instalação E, F e G.



De = Diâmetro externo do cabo

Figura 74 - Tipos de Instalação de Cabos ao Ar Livre

Existem duas tabelas de correção para as capacidades de corrente anteriores, uma para a temperatura e outra para o agrupamento de condutores ou cabos.

Veja a seguir a tabela com os fatores de correção para temperatura ambiente diferentes de 30 °C para cabos não enterrados e de 20 °C para cabos enterrados, ambos de PVC.

Tabela 14 - Fatores de Correção de Temperatura

Temperatura °C	Ambiente	Solo
10	1,22	1,10
15	1,17	1,05
20	1,12	1,00
25	1,06	0,95
30	1,00	0,89
35	0,94	0,84
40	0,87	0,77
45	0,79	0,71
50	0,71	0,63
55	0,61	0,55
60	0,50	0,45

Agora veja a tabela com os fatores de correção para agrupamentos de mais de um circuito ou mais de um cabo multipolar instalados em eletroduto, calha, bloco ou superfície.

Tabela 15 - Fatores de Correção por Agrupamento

Número de circuitos ou cabos multipolares													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	≥ 16	
1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,4	

Para outros tipos de instalação consulte a norma, visto que os fatores de correção são diferentes.

Como a temperatura é maior que 30 °C, aplicamos a correção de temperatura:

Círculo terminal: Monofásico.

$$I' = \frac{I}{FC}$$

Ou seja,

$$I' = \frac{35,45\text{ A}}{0,79}$$

$$I' = 44,88\text{ A}$$

### Exemplo

Dimensionar os condutores de um **círculo terminal** cuja carga prevista será de 7.800 W, alimentado em 220 V. A instalação será efetuada em eletroduto de PVC embutido em alvenaria, a isolamento dos condutores é de PVC e a temperatura ambiente prevista é de 45 °C.

### Solução

Determinando a corrente que circulará entre os condutores (2 cc), teremos:

$$I = \frac{P}{V}$$

De posse do valor corrigido da corrente vamos na tabela escolher a seção do condutor.

A instalação será efetuada embutida em alvenaria, logo, o tipo de instalação será a A1 e o condutor terá seção de 10 mm<sup>2</sup>.

logo

$$I = \frac{7800}{220}$$

$$I = 35,45\text{ A}$$

## SEÇÃO 2

### Critério da queda de tensão

Na escolha da seção do condutor utilizamos o critério da capacidade de condução de corrente, mas este não é o único critério que devemos levar em conta.

Nas instalações em geral, também devemos considerar o critério da queda de tensão quando formos escolher a seção do condutor, este critério é apresentado abaixo.

A norma prevê que a queda de tensão entre a origem da instalação e qualquer ponto de ligação de equipamentos ou eletrodomésticos seja de no máximo 7% para instalações alimentadas pela rede pública por um transformador, a partir de uma rede de alta tensão, e também de 7% para instalações alimentadas por transformadores próprios.

Partindo então desse valor, limitamos a queda a partir do quadro de medição em 4% e do(s) quadro(s) de distribuição em 2% no máximo e usando a tabela abaixo, que relaciona a soma das potências pela distância, podemos escolher a seção do(s) condutor(es) da instalação.

Tabela 16 - Seção dos Condutores em Função da Potência X Distância da Instalação

Seção mm <sup>2</sup>	% de queda de tensão ( $E = 220\text{ V}$ )			
	1%	2%	3%	4%
	$\sum (\text{Potência em Watts}) \times \text{Comprimento (em metros)}$			
1,5	21.054	42.108	63.163	84.216
2,5	35.090	70.180	105.270	140.360
4,0	56.144	112.288	168.432	224.576
6,0	84.216	168.432	253.648	336.864
10,0	140.360	280.720	421.080	561.440
16,0	224.576	449.152	673.728	898.304
25,0	350.900	701.800	1.052.700	1.403.600
35,0	491.260	982.520	1.473.780	1.965.040
50,0	701.800	1.403.600	2.105.400	2.807.200
70,0	982.520	1.965.040	2.947.560	3.930.080
95,0	1.333.420	2.666.840	4.000.260	5.333.680
120,0	1.684.320	3.368.640	5.052.960	6.737.280

Como determinamos na divisão dos circuitos que a potência máxima seria de 2.200 VA (220 V) para uma queda máxima de 2%, utilizando um condutor de seção 2,5 mm<sup>2</sup> teremos o máximo comprimento do condutor dado por:

$$l = 70.180 / 2.200$$

$$l \approx 31\text{ m}$$

Ou seja, acima de 31 metros deveremos utilizar uma seção maior que 2,5 mm<sup>2</sup> (desde que a corrente seja menor ou igual a 10 A).

Devemos aplicar os dois critérios para o correto dimensionamento do(s) condutor(es), prevalecendo a maior seção.

### Exemplo

Dimensione os condutores para uma instalação TUE cuja potência é de 6.800 W, tensão de 220 V, isolamento de PVC, eletroduto também de PVC embutido em alvenaria e cuja temperatura será de 40 °C. A carga ficará distante do quadro de distribuição 19,5 m.

### Solução

Pelo critério da capacidade de corrente, teremos:

$$I = \frac{6800 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I = 39,9 \text{ A}$$

Aplicando o fator de correção de temperatura:

$$\frac{I' = 39,9 \text{ A}}{0,79}$$

$$I' = 39,12 \text{ A}$$

Na tabela de capacidade de condução de corrente, modo de instalação A1 (2 cc), encontramos o condutor de 10 mm<sup>2</sup>, que suporta 46 A.

Pelo critério da queda de tensão teremos:

6.800 W x 19,5 m = 132.600, na tabela considerando uma queda de 2% encontramos o valor imediatamente superior que é 168.432 e a seção do condutor correspondente que é de 6,0 mm<sup>2</sup>.

Devemos optar pela maior seção, logo a seção do fio a ser utilizado é a de 10 mm<sup>2</sup>.

Debrucemo-nos, agora, sobre as noções de potência em circuitos de corrente alternada, a penúltima unidade de estudo desta unidade curricular. Vamos juntos!



# Unidade de estudo 12

Seções de estudo

Seção 1 – Defasagem entre tensão e corrente

Seção 2 – Potência ativa, reativa e aparente

Seção 3 – Fator de potência

# Noções de Potência em Circuitos de Corrente Alternada

## SEÇÃO 1

### Defasagem entre tensão e corrente

Em corrente alternada, a corrente e a tensão têm comportamentos diferentes quando os elementos do circuito são capacitores e indutores (motores).

Em um resistor, a corrente e a tensão estão em fase, seguem juntas no tempo, ou seja, o resistor não introduz defasagem entre corrente e tensão.

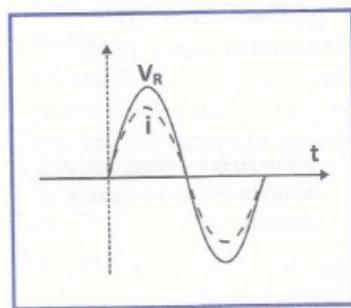


Figura 75 - Tensão, Corrente e Fase em Circuitos Resistivos

Em circuitos puramente indutivos, a defasagem entre tensão e corrente é de  $90^\circ$ , o indutor tem a característica de se opor a variações bruscas de corrente, logo a corrente está atrasada  $90^\circ$  em relação à tensão.

Em um circuito resistivo o produto da tensão rms (*root mean square*) pela corrente rms, ou seja, a potência é sempre positiva, em outras palavras, a potência média será sempre positiva. Em circuitos que contenham indutores e capacitores o produto da tensão e da corrente será positivo e negativo com igual amplitude, logo a potência média será zero.

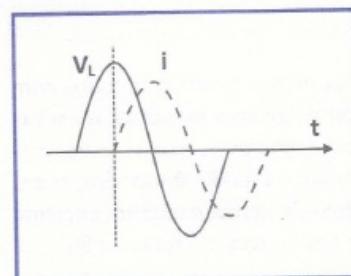


Figura 76 - Defasagem em um Circuito Indutivo Puro

Em um circuito puramente indutivo não há dissipação de energia, em um momento o circuito absorve energia da rede e no momento seguinte a devolve. O indutor armazena energia na forma de campo magnético (corrente).

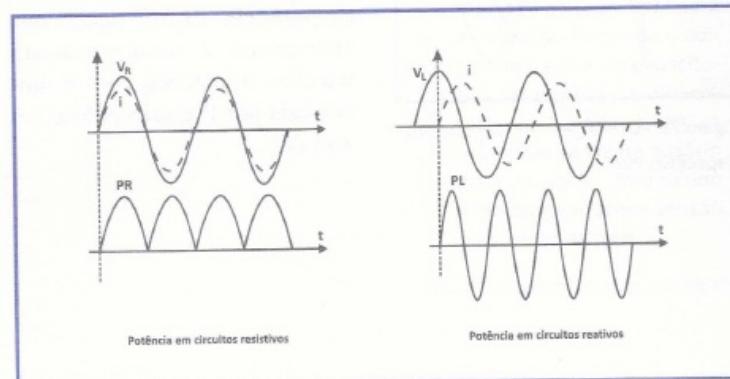


Figura 77 - Potência em Circuitos Resistivos e Reativos

No resistor a característica de oposição à passagem da corrente elétrica é denominada de resistência e não há nenhuma influência da frequência. No indutor a oposição à corrente é chamada de reatância indutiva  $X_L$  e varia com a frequência e com a indutância segundo a equação:

$$X_L = 2\pi f L$$

Sendo:

$X_L$  = reatância indutiva ( $\Omega$ )

$f$  = frequência (Hz)

$L$  = indutância em Henry (H).

Em circuitos que contenham elementos capacitivos puros, a defasagem entre tensão e corrente também é de  $90^\circ$ , mas desta vez a corrente está adiantada em relação à tensão. Um capacitor tem a propriedade de se opor a variações bruscas de tensão e armazena energia na forma de campo elétrico (tensão).

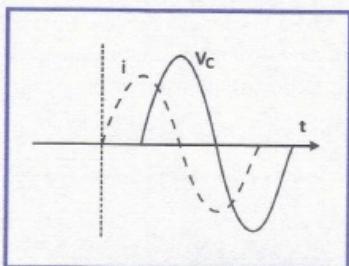


Figura 78 - Defasagem em um Circuito Capacitivo Puro

Assim como nos circuitos puramente indutivos, os circuitos puramente capacitivos também não dissipam energia, a troca entre o capacitor e a rede ocorre assim como no indutor e a potência média é zero.

A reatância capacitativa ( $X_C$ ) é quem oferece resistência à passagem da corrente elétrica e também sofre influência da frequência e da capacidade do capacitor segundo a equação:

$$X_C = 1 / 2\pi f C$$

Na qual:  $X_C$  = reatância capacitativa ( $\Omega$ )

$f$  = frequência (Hz)

$C$  = capacidade em Farad (F)

A potência em circuitos indutivos puros ou capacitivos puros é chamada de **potência reativa** com símbolo  $Q$  e dada em Var. Esta potência é trocada, como já foi mencionado, entre o elemento e a linha de alimentação.

A **impedância** do circuito é o elemento responsável pela oposição à passagem da corrente, ela é composta por todos os elementos do circuito, quer sejam resistivos ou reativos. Nesses circuitos podemos determinar a potência em cada elemento, quer seja ativa ou reativa, pelas equações:

- potência ativa ( $P$ ) –  $V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos \varphi$  (W);
- potência reativa ( $Q$ ) –  $V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \sin \varphi$  (Var).

Em sistemas trifásicos teremos:

- potência ativa ( $P$ ) –  $\sqrt{3} \cdot V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos \varphi$  (W);
- potência reativa ( $Q$ ) –  $\sqrt{3} \cdot V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \sin \varphi$  (Var).

## SEÇÃO 2

### Potência ativa, reativa e aparente

Nos circuitos puramente resistivos a potência dissipada, chamada de **potência ativa**, é aquela que efetivamente é transformada em trabalho. A potência ativa é simbolizada por  $P$  e sua unidade é o watt (W).

O ângulo  $\varphi$  é o ângulo de defasagem entre a tensão e a corrente.

Se tivermos um circuito resistivo puro, a defasagem entre tensão e corrente é zero e a potência ativa será calculada apenas pela tensão rms e pela corrente rms já que  $\cos 0^\circ = 1$ .

Se calcularmos a potência reativa do resistor teremos como resultado 0, pois  $\sin 0^\circ = 0$ . A parcela de reativos é nula significando que o resistor dissipou ou absorve toda a energia fornecida pela linha.

Da mesma forma, calculando a potência ativa para um circuito indutivo ou capacitivo puros veremos que ela será 0, pois  $\cos 90^\circ$  ou  $\cos -90^\circ$  é igual a zero, significando que os elementos reativos do circuito não absorvem ou dissipam energia da rede.

O dimensionamento dos equipamentos, tais como transformadores, e dos condutores em uma instalação elétrica é feito com base na **potência aparente (S)** que é a soma vetorial das potências ativa e reativa.

Utilizando o teorema de Pitágoras podemos relacionar as três potências em um triângulo retângulo como segue:

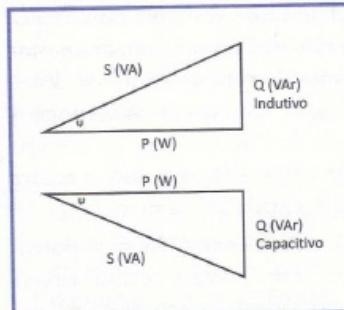


Figura 79 - Triângulo das Potências

E determinar a potência aparente por:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Usando a trigonometria teremos:

$$\begin{aligned} \text{sen } \phi &= VAr/VA \\ \cos \phi &= W/VA \\ \text{tg } \phi &= VAr/W \end{aligned}$$

## SEÇÃO 3

### Fator de potência

As cargas na indústria se caracterizam principalmente pelos motores de grande potência, ou seja, são cargas reativas indutivas. O  $\cos \phi$  é também chamado de **fator de potência** e indica o aproveitamento da energia fornecida pela rede à carga.

Equacionando teremos:

$$FP = \cos \phi = P/S = W/VA$$

Na prática gostaríamos que toda a energia absorvida da rede fosse transformada em trabalho, ou seja, o ideal seria um  $FP = 1$ .

Pelo triângulo das potências fica evidente que a redução dos reativos indutivos se dá pela adição de reativos capacitivos ao sistema, ou seja, adicionando capacitores ao sistema aumentamos o fator de potência.

#### DICA

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece o fator de potência mínimo de 0,92 para a indústria. Portanto, a adição de bancos de capacitores na entrada da alimentação ou ainda junto às máquinas se faz necessário para corrigi-lo, diminuindo a defasagem entre tensão e corrente na rede.

O problema do baixo fator de potência está no aumento dos custos tanto de geração como de distribuição, visto que a concessionária terá de disponibilizar as energias ativa (que gera trabalho) e reativa (que circula pelo sistema).

Quanto menor o fator de potência mais energia reativa circula pelo sistema, acarretando no aumento da energia gerada, bem como no superdimensionamento dos condutores responsáveis pela distribuição (maior circulação de corrente).

Com a adição de capacitores ao sistema a troca de energia reativa se dá entre o capacitor e as cargas indutivas, reduzindo a demanda de reativos da rede.

### Exemplo

Queremos instalar uma bomba d'água distante do quadro de distribuição 25 m, a tensão de alimentação é de 220 V, a temperatura prevista de 40 °C e a instalação utilizará cabo multipolar sustentado por postes com isoladores ao ar livre. Dimensione os condutores sabendo que a bomba tem potência de 2 CV e fator de potência de 0,68.

**Observação:** 1 CV = 736 W e 1 HP = 746 W.

### Solução

A potência da bomba é de 2 CV, ou seja, 1.472 W. Se dividirmos este valor por 220 V teremos a corrente ativa que a bomba solicita, porém os condutores devem ser dimensionados pela corrente aparente, logo, a potência aparente será:

$$S = \frac{P}{\cos\phi}$$

$$S = \frac{1472}{0,68}$$

$$S = 2165 \text{ VA}$$

E a corrente:

$$I_s = \frac{2165 \text{ VA}}{220 \text{ V}}$$

$$I_s = 9,84A$$

Efetuando a correção em função da temperatura, teremos:

$$I'_s = \frac{9,84A}{0,87}$$

$$I'_s = 11,31A$$

Como o modo de instalação é o modo E (2 cc), buscamos na tabela a seção dos condutores, o valor acima de 11,31 A corresponde ao condutor de 1,0 mm<sup>2</sup>. Como a norma não permite condutores menores que 2,5 mm<sup>2</sup> para circuitos de força, essa será a seção escolhida para a instalação sob o critério da capacidade de corrente.

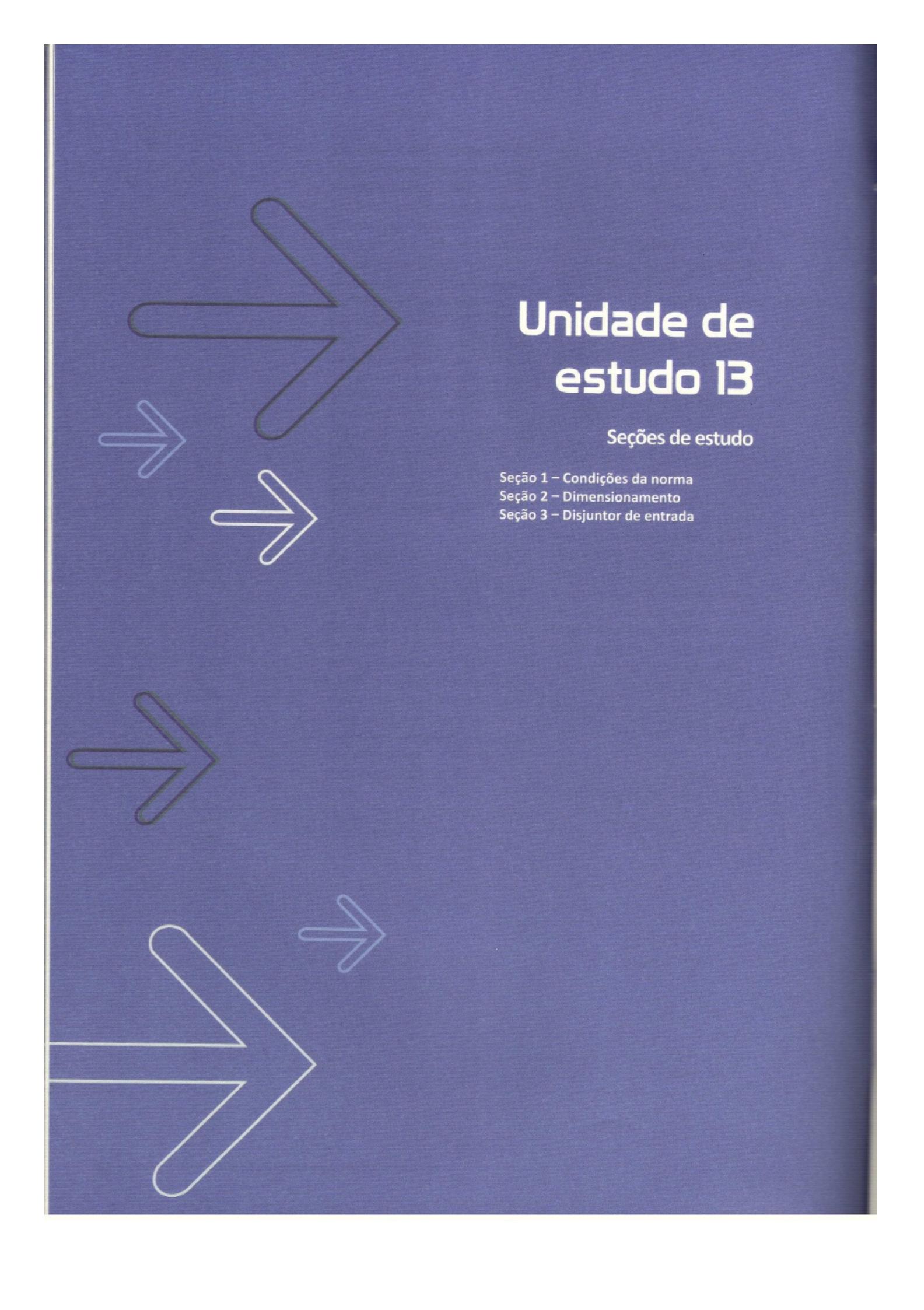
Verificando agora o critério da queda de tensão:

$$P_s \times l = 2.165 \text{ VA} \times 25 \text{ m} = 54.125$$

Escolhendo na tabela a seção para uma queda de 2%, encontramos o valor de 70.180 que corresponde à seção de 2,5 mm<sup>2</sup>.

Tanto o critério da capacidade de corrente quanto o da queda de tensão estão satisfeitos com a seção de 2,5 mm<sup>2</sup>.

Entraremos, a partir deste instante, na penúltima unidade de estudo desta unidade curricular. Agora, falta realmente muito pouco para concluirmos este trabalho. Vamos! Se estiver cansado, retome o fôlego e siga a diante!



# Unidade de estudo 13

## Seções de estudo

Seção 1 – Condições da norma

Seção 2 – Dimensionamento

Seção 3 – Disjuntor de entrada

# Dimensionamento dos Disjuntores

## SEÇÃO 1

### Condições da norma

O disjuntor deve proteger a isolamento dos condutores contra excessivo aquecimento oriundo de sobrecarga ou curto-círcuito.

A norma prevê que os dispositivos de proteção devam atuar em até uma hora (ou em até duas horas para dispositivos maiores) quando houver uma sobrecarga de 45%, protegendo desta forma os condutores da instalação contra excessivo aquecimento.

Um disjuntor termomagnético possui uma curva de atuação semelhante às curvas abaixo:

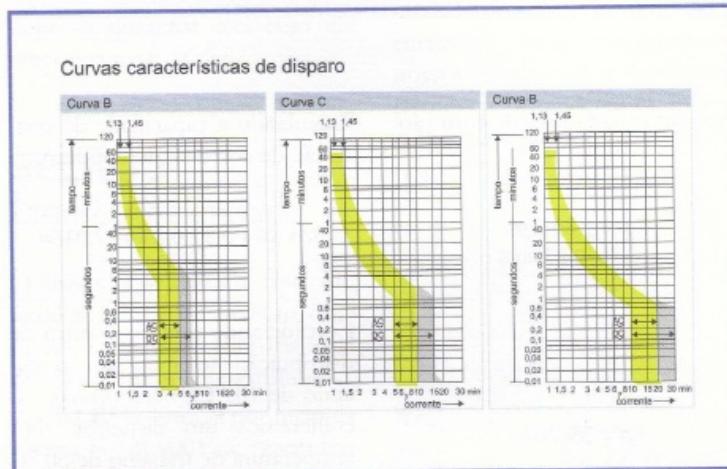


Figura 80 - Curvas de Atuação de Disjuntores

Fonte: Siemens (2009).

Na linha horizontal temos a sobrecarga de corrente, a linha sombreada nas curvas anteriores mostra o limite de atuação do dispositivo (13% de sobrecarga) e a atuação garantida (45%). Para correntes maiores o tempo de atuação será menor e vice-versa, note que em caso de curto-círcito a atuação é quase instantânea com correntes em torno de seis vezes a corrente nominal.

## SEÇÃO 2

### Dimensionamento

No escolha do disjuntor, devemos satisfazer as seguintes condições:

1.  $I_p \leq I_N \leq I_z$

Sendo:

- $I_p$  = corrente nominal do projeto;
- $I_N$  = corrente nominal do disjuntor;
- $I_z$  = capacidade de condução do condutor (já com os fatores de correção, se necessários).

2.  $I_2 \leq 1,45 \times I_z$

Sendo,

- $I_2$  = corrente que assegura efetivamente a atuação do dispositivo.

Ou seja, a norma diz que a corrente nominal do disjuntor deve ser maior que a corrente do projeto (das cargas) para que não tenhamos o disparo aleatório do disjuntor, mas que a mesma seja suficiente para proteger o condutor.

A corrente nominal dos disjuntores diminui com o acréscimo da temperatura ambiente, logo após uma tabela que mostra essa influência:

Tabela 16 - Influência da Temperatura na Corrente do Disjuntor

Temp.ºC	20		30		40		50	
	U	M	U	M	U	M	U	M
$I_N$ (A)	10		9,5	9,6	9,0	9,2	8,5	8,8
	15		14,3	14,4	13,5	13,8	12,8	13,2
	20		19,0	19,2	18,0	18,4	17,0	17,6
	25		23,8	24,0	22,5	23,0	21,3	22,0
	30		28,5	28,8	27,0	27,6	25,5	26,4
	35		33,3	33,6	31,5	32,2	29,8	30,8
	40		38,0	38,4	36,0	36,8	34,0	35,2
	50		47,5	48,0	45,0	46,0	42,5	44,0
	60		57,0	57,6	54,0	55,2	51,0	52,8

U = disjuntor unipolar M = disjuntor multipolar

### Exemplo

Dimensionar o disjuntor para proteger um circuito de chuveiro com potência de 5.400 W ligado em 220 V. A instalação será feita em eletroduto de PVC aparente utilizando condutores com camada isolante de PVC. A temperatura estimada será de 40 °C, e no eletroduto existe mais um circuito; a distância do QD é de 13 m.

Aplicando os fatores de correção:

$$I_p' = \frac{24,54A}{0,87 \times 0,8}$$

$$I_p' = 35,26A$$

Calculando a capacidade de condução de corrente do condutor:

$$I_z = 46 \times 0,8 \times 0,87 = 32,016A$$

Considerando que no quadro de distribuição teremos um acréscimo de 10 °C (valor típico), escolheremos um disjuntor com temperatura de trabalho de 50 °C e corrente imediatamente menor que 32,016 A.

Na tabela encontramos o valor de 29,8 que corresponde ao disjuntor de 35 A. Ainda precisamos verificar dois critérios.

Corrente de não atuação: baseando-nos nas curvas dos disjuntores teremos:

$$I_{NA} = 1,13 \times I_N = 1,13 \times 29,8A = 33,67A$$

### Solução

$$I_p = \frac{5400W}{220V}$$

$$I_p = 24,54A$$

Da tabela, coluna A1, 2 cc, temos:

- seção do condutor = 10 mm<sup>2</sup>. Pelo critério da queda de tensão:

$$P \times l = 5.400 \times 13 = 70.200$$

Pela tabela teríamos um condutor de 2,5 mm<sup>2</sup>.

Logo o condutor a ser utilizado é de 10 mm<sup>2</sup>.

$$I_2 = 1,45 \times I_N = 1,45 \times 29,8 = 43,21 \text{ A}$$

Verificando:

$$I_p \leq I_N \leq I_z \rightarrow \\ 24,54 \text{ A} \leq 29,8 \text{ A} \leq 32,016 \text{ A}$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z \rightarrow 43,21 \leq 1,45 \\ \times 32,016 \rightarrow 43,21 \leq 46,42$$

Logo, o disjuntor está bem dimensionado.

## SECÃO 3

### Disjuntor de entrada

O disjuntor de entrada, colocado junto ao relógio de medição, é estipulado pela concessionária local em função da potência instalada.

A **CELESC** estipula por meio da norma E-321.0001 de novembro de 2007 os disjuntores e padrões de entrada para unidades consumidoras de baixa tensão.

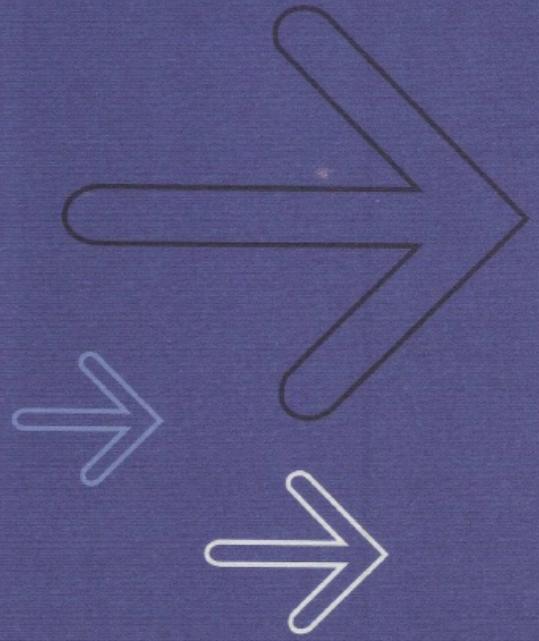
#### DICA

A norma está disponível no endereço: <[http://portal.celesc.com.br/portal/atendimento/index.php?option=com\\_content&task=view&id=88&Itemid=32](http://portal.celesc.com.br/portal/atendimento/index.php?option=com_content&task=view&id=88&Itemid=32)>.

➤ **CELESC:** Centrais Elétricas de Santa Catarina.

No quadro de distribuição, quando utilizarmos um disjuntor geral, o mesmo não deve ser superior ao disjuntor do relógio de medição.

Finalmente chegamos à última unidade de estudo desta unidade curricular. Aqui, continuaremos nossos estudos sobre instalações elétricas e aprenderemos muitas coisas interessantes. Continue conosco!

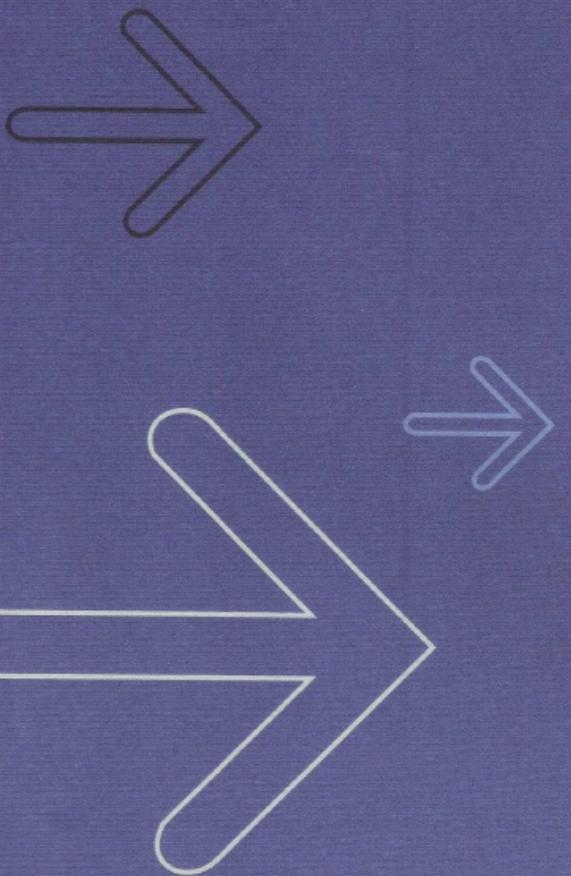


# Unidade de estudo 14

## Seções de estudo

Seção 1 – Instalação de quadro de distribuição monofásico

Seção 2 – Instalação de interruptor paralelo comandando fotocélula e lâmpada incandescente de 100 W



# Instalações Básicas II

## SEÇÃO 1

### Instalação de quadro de distribuição monofásico

Eis chegada a hora de verificar como está a sua aprendizagem. Nesta unidade você fará montagens aplicando os conhecimentos até aqui adquiridos. Mais uma oportunidade de aquecimento intelectual para o desenvolvimento das atividades a seguir. Prossiga!

Instalação de quadro de distribuição contendo um disjuntor DR monofásico e três disjuntores eletromagnéticos de 10 A, montagem em boxe de madeira utilizando eletrodutos.

- Elabore a lista de material necessário.
- Desenhe os diagramas multifilar e unifilar da instalação.
- Marque sobre a madeira a posição das braçadeiras, eletrodutos e do quadro de distribuição.

- Abra rosca nos eletrodutos, efetue as curvas necessárias, fixe as braçadeiras.
- Encaixe os eletrodutos nas curvas e no quadro de distribuição.
- Fixe os eletrodutos nas braçadeiras, instale os disjuntores no quadro, fixe o quadro de distribuição.
- Passe a fiação pelos eletrodutos até o quadro de distribuição.

## SEÇÃO 2

### Instalação de interruptor paralelo comandando fotocélula e lâmpada incandescente de 100 W

A fotocélula ou relé fotoelétrico é um dispositivo que aciona um relé quando o sensor (geralmente um LDR – resistor dependente da Luz) recebe pouca iluminação, ou seja, é utilizada para acionar uma carga (lâmpada) quando escurece e apagá-la quando amanhece.

Abaixo uma imagem da fotocélula:



Figura 81 - Relé Fotoelétrico

A seguir, observe o diagrama (funcional) de conexão da fotocélula.

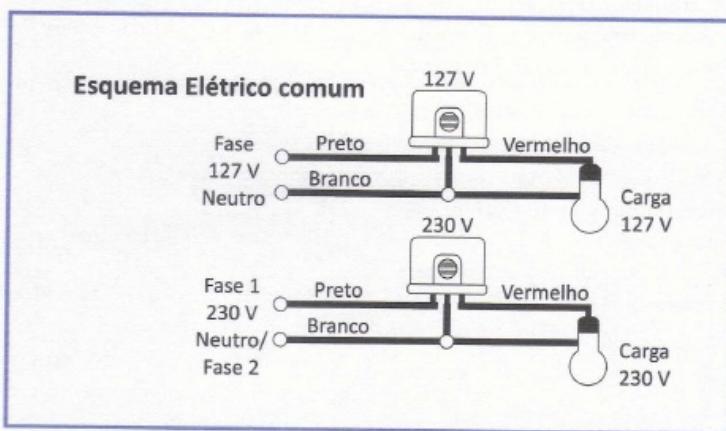


Figura 82 - Diagrama Funcional de Ligação da Fotocélula

Analise a simbologia unifilar e multifilar do relé fotoelétrico:

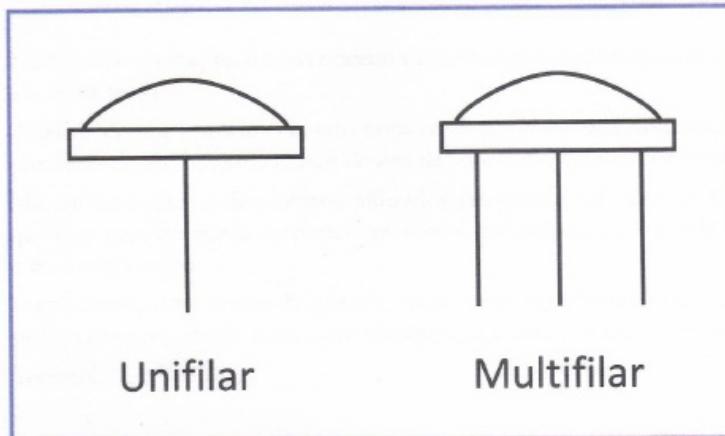
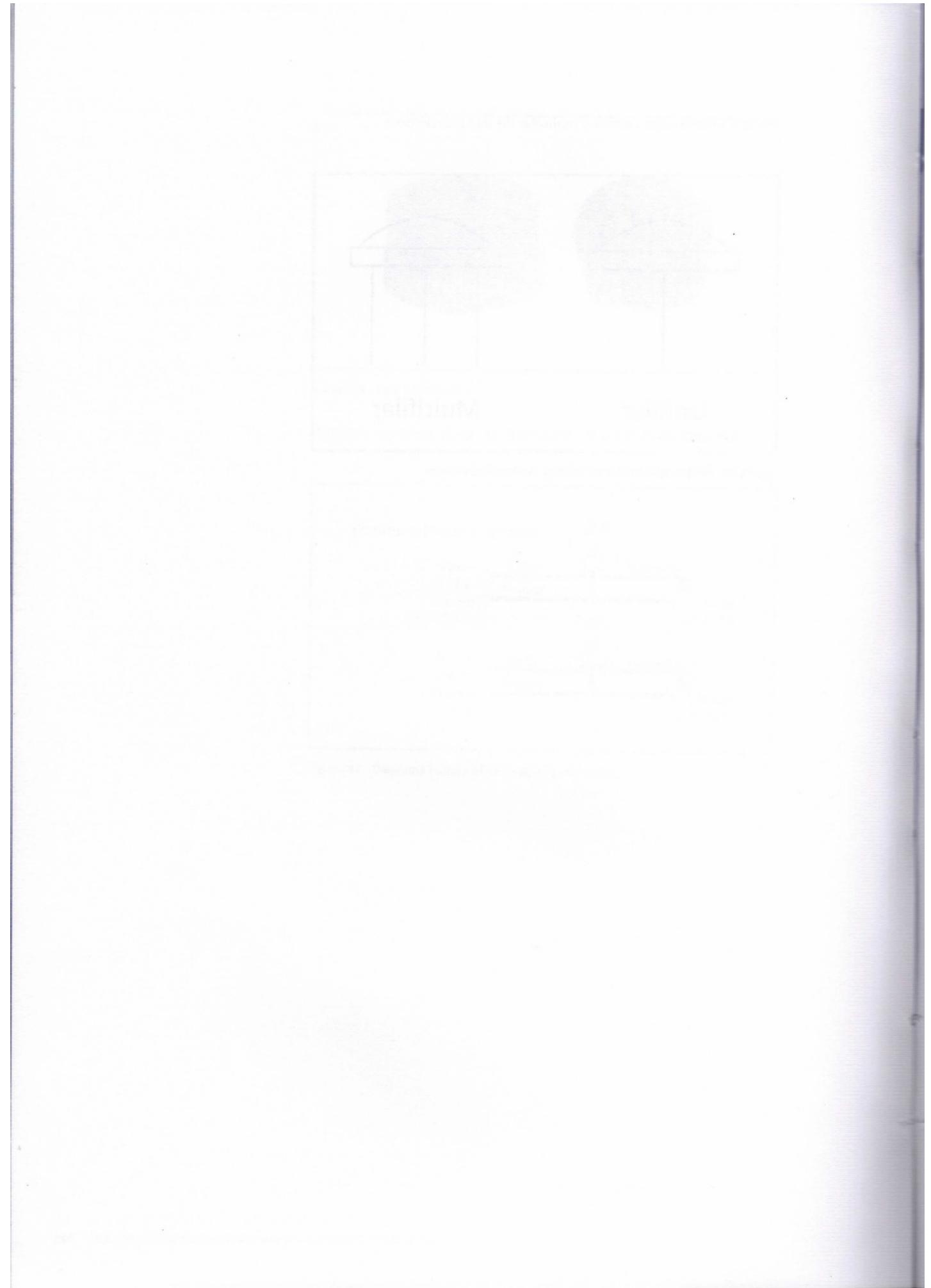


Figura 83 - Simbologia Unifilar e Multifilar do Relé Fotoelétrico



## Finalizando

Neste curso você aprendeu o conceito fundamental sobre instalações elétricas residenciais e prediais em baixa tensão.

A partir de um primeiro contato com os dispositivos utilizados nas instalações, conheceu a importância de um projeto elétrico dentro das normas e aplicou seus conhecimentos na prática.

Muitos ainda são os dispositivos utilizados em instalações elétricas. Esperamos, pretensiosamente, que este trabalho possa despertar em você a curiosidade e a vontade em conhecer mais profundamente este campo.

Permanecemos no desejo de que este curso tenha contribuído para sua vida profissional e que você possa carregar consigo estes conhecimentos aplicando-os no seu dia a dia.

Sucesso!

## obnssler's

obnssler's is a leading provider of potential energy harmonic analysis software and services. We specialize in the design and analysis of industrial structures, including storage tanks, silos, and piping systems. Our software is used by engineers and contractors worldwide to ensure the safety and reliability of these critical assets.

Our mission is to provide accurate and reliable engineering solutions that help our clients meet their performance requirements and stay competitive in the global market.

At obnssler's, we believe in the power of innovation and collaboration. We work closely with our clients to understand their needs and develop customized solutions that meet their unique requirements.

We are committed to providing exceptional customer service and support. Our team of experienced engineers and technicians is available 24/7 to answer your questions and provide guidance throughout the entire project lifecycle.

At obnssler's, we are dedicated to helping our clients achieve their goals and succeed in their industries. We invite you to learn more about our company and the services we offer. Contact us today to schedule a demonstration or request a free trial of our software.

obnssler's is a registered trademark of obnssler's Inc. All rights reserved. © 2024 obnssler's Inc. All rights reserved.

obnssler's Inc.  
123 Main Street  
Anytown, USA 12345  
Phone: (555) 123-4567  
Email: info@obnssler.com  
www.obnssler.com

obnssler's is a registered trademark of obnssler's Inc. All rights reserved. © 2024 obnssler's Inc. All rights reserved.

obnssler's Inc.  
123 Main Street  
Anytown, USA 12345  
Phone: (555) 123-4567  
Email: info@obnssler.com  
www.obnssler.com

obnssler's is a registered trademark of obnssler's Inc. All rights reserved. © 2024 obnssler's Inc. All rights reserved.

obnssler's Inc.  
123 Main Street  
Anytown, USA 12345  
Phone: (555) 123-4567  
Email: info@obnssler.com  
www.obnssler.com

obnssler's is a registered trademark of obnssler's Inc. All rights reserved. © 2024 obnssler's Inc. All rights reserved.

obnssler's Inc.  
123 Main Street  
Anytown, USA 12345  
Phone: (555) 123-4567  
Email: info@obnssler.com  
www.obnssler.com

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5444**: símbolos gráficos para instalações elétricas prediais. Rio de Janeiro, 1989.
- BISQUOLO, P. A. **Potência elétrica**: cálculo do consumo de energia elétrica. 2009. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/fisica/ult1700u36.jhtm>>. Acesso em: 22 set. 2009.
- BOSCH. Disponível em: <[http://www.bosch.com.br/br/ferramentas\\_profissionais/produtos/soprar/index.html](http://www.bosch.com.br/br/ferramentas_profissionais/produtos/soprar/index.html)>. Acesso em: 23 set. 2009.
- CALHAS KENNEDY. 2009. Disponível em: <<http://www.calhaskennedy.com.br/categories>>. Acesso em: 22 set. 2009.
- CAVALIN, G.; CERVELIN, S. **Instalações elétricas prediais**. São Paulo: Érica, 1998.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Manual de instalações elétricas residenciais**. Belo Horizonte: Gerência de Utilização de Energia - RC/EU, 2003. Disponível em: <[http://www.cemig.com.br/ArquivosAgenciaVirtual/arquivos\\_download/Apostila\\_Cemig\\_Instalacoes\\_Residenciais.pdf](http://www.cemig.com.br/ArquivosAgenciaVirtual/arquivos_download/Apostila_Cemig_Instalacoes_Residenciais.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2009.
- FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS. **Parque gerador**: usina hidrelétrica de Marimbondo (1.440 MW). 2009. Disponível em: <[http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemaFurnas/usina\\_hidr\\_marimbondo.asp](http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemaFurnas/usina_hidr_marimbondo.asp)>. Acesso em: 21 set. 2009.
- GHEDIN, R. **Geradores de Itaipu**. 2009. Disponível em: <<http://www.rodrigoghedin.com.br/2007/03/19/visita-a-itaipu-binacional/>>. Acesso em: 21 set. 2009.
- LIMA FILHO, D. L. **Projetos de instalações elétricas prediais**. 3. ed. São Paulo: Érica, 1998.
- MUNDO CIÊNCIA. **Hidrelétrica de Marimbondo**. 2009. Altura: 280 pixels. Largura: 373 pixels. 96 dpi. 31 BIT. Formato: JPG. Disponível em: <<http://www.mundociencia.com.br/fisica/eletrociade/MARIMB1.JPG>>. Acesso em: 21 set. 2009.
- OSRAM. Disponível em: <<http://br.osram.info/produtos/consumo/incandes/>>. Acesso em: 23 set. 2009.
- PHILIPS. Disponível em: <<http://www.luz.philips.com.br/portalDetProduct.do?par=2357>>. Acesso em: 23 set. 2009.

- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Departamento Nacional. **Emenda de condutores.** Rio de Janeiro, 1980.
- SIEMENS. 2009. Disponível em: <<http://www.siemens.com.br/templates/v2/templates/TemplateD.aspx?channel=9706>>. Acesso em: 01 out. 2009.
- TIGRE. 2009. Disponível em: <[http://www.tigre.com.br/pt/produtos\\_unico.php?rcr\\_id=4&cpr\\_id=12&cpr\\_id\\_pai=4&lnh\\_id=30&prd\\_id=267](http://www.tigre.com.br/pt/produtos_unico.php?rcr_id=4&cpr_id=12&cpr_id_pai=4&lnh_id=30&prd_id=267)>. Acesso em: 23 set. 2009.
- WIREX. 2009. Disponível em: <<http://www.wirex.com.br/produtos.html>>. Acesso em: 22 set. 2009.

**SENAI** - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SBN | Quadra 01 | Bloco C | Ed. Roberto Simonsen | 5º andar  
Brasília | DF | CEP:70040-903  
Tel.: (55) (61) 3317-9000 / 9001