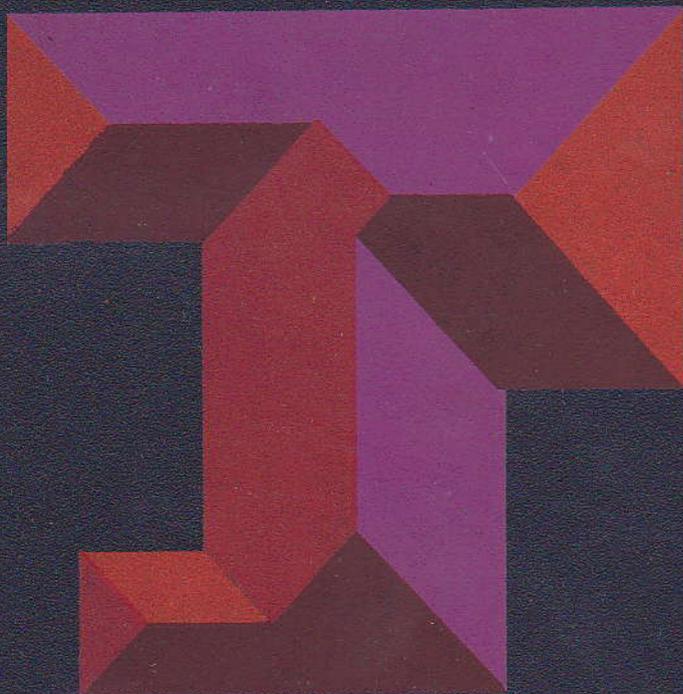


# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

ALFONSO MARTIGNONI

EDITORA GLOBO

# PREDIAIS



ALFONSO MARTIGNONI

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS

11.<sup>a</sup> edição



Editora Globo  
Porto Alegre  
1979

## PREFÁCIO

Todo aquele cuja atividade esteja voltada para a construção civil tem, necessariamente, de adquirir conhecimentos sobre instalações elétricas prediais. Daí o porquê da inclusão deste volume no *Manual do Construtor*.

Editado pela primeira vez pela Comissão Brasileiro-Americana de Educação Industrial, *Instalações Elétricas Prediais* teve seu conteúdo completamente reformulado, adaptado aos conceitos e métodos modernos em função do grande desenvolvimento experimentado pela tecnologia, especificamente no campo das instalações elétricas.

Atendendo às normas vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas e observando as instruções que as concessionárias de energia elétrica distribuem às firmas instaladoras para que tenham seus projetos em condições de aprovação, este livro é indispensável auxiliar do jovem engenheiro e do construtor experimentado, ou do aluno de cursos profissionalizantes. Nele se encontram desde as noções básicas de energia elétrica, corrente, resistências e potência elétrica, até as numerosas tabelas especializadas e minuciosas sobre condutores e cabos fabricados no Brasil, permitindo a seleção dos mesmos em função da potência total de uma instalação.

A realização das instalações elétricas exige o uso de técnicas que variam não só com a tecnologia, mas também com os produtos novos postos à disposição, a cada dia, dos projetistas e dos profissionais. *Instalações Elétricas Prediais* examina essas técnicas, mostrando os princípios científicos que lhes servem de base.

Iniciando pelos rudimentos sobre produção, transporte e aproveitamento da energia elétrica, condutores e isolantes, resistência elétrica dos condutores; circuitos de corrente contínua ou alternada, monofásicos ou trifásicos, ligações em triângulo e em estrela — estudam-se, numa seqüência

lógica, outros tópicos tais como: fios e cabos de todos os tipos, inclusive os fios telefônicos; instalações elétricas em eletrodutos rígidos ou flexíveis; aparelhos de iluminação, interruptores e tomadas; chaves de faca e disjuntores; instalações aéreas e subterrâneas; medidores de energia elétrica; ligação à terra; suprimento de energia elétrica; lâmpadas; fotometria industrial; até chegar a um projeto completo de iluminação e aos símbolos gráficos usados em eletricidade.

É uma obra do tipo *manual*, que, ademais, oferece numerosos exemplos de execução aplicáveis às questões mais comuns que se apresentam constantemente na prática.

OS EDITORES

## SUMÁRIO

Capítulo 1	1	
1.1	A energia elétrica	1
1.2	Produção de energia elétrica	1
1.3	Transporte de energia elétrica	2
1.4	Aproveitamento da energia elétrica	2
1.5	Corrente elétrica	3
1.6	Tensão ou diferença de potencial	4
1.7	Condutores e isolantes	4
1.8	Lei de Ohm e unidade de resistência elétrica	5
1.9	Resistência elétrica dos condutores	6
1.10	Influência da temperatura sobre a resistência elétrica dos condutores	8
1.11	Resistências agrupadas em série e queda de tensão	10
1.12	Resistências agrupadas em paralelo	13
1.13	Potência elétrica	14
1.14	Energia elétrica	16
Capítulo 2	19	
2.1	Circuitos com corrente contínua	19
2.2	Circuitos com corrente alternada	19
2.3	Circuito monofásico	20
2.4	Circuito trifásico	20
2.4.1	Ligação em triângulo	21
2.4.2	Ligação em estrela	22
2.5	Alimentação de circuitos domiciliares com linhas trifásicas	23
Capítulo 3	26	
3.1	Condutores	26
3.1.1	Natureza do material condutor	26
3.1.2	Natureza do isolamento	26
3.1.3	Natureza da proteção mecânica	27
3.1.4	Área da seção transversal	27
3.2	Emprego e tipos de fios e cabos	28
3.2.1	Fios e cabos para linhas aéreas	28
3.2.2	Fios e cabos para linhas de luz e força, à vista, ao longo das paredes	29
3.2.3	Fios e cabos para instalações de luz e força em prédios	30
3.2.4	Fios e cabos para qualquer modalidade de instalação	30
3.2.5	Cabos <i>Voltalene</i> para qualquer modalidade de instalação, inclusive diretamente no solo	32
3.2.6	Cabo isolado com papel impregnado para 1.000 V	32
3.2.7	Cabos para solda	33
3.2.8	Cabos flexíveis para aparelhos elétricos portáteis	35
3.2.9	Cordões flexíveis para aparelhos de iluminação	35

## VIII SUMÁRIO

3.2.10	Cordões para ferro de engomar	35
3.2.11	Fios telefônicos	36
3.3	Determinação da seção dos cabos	37
<b>Capítulo 4</b>		<b>42</b>
4.1	Instalações em eletrodutos rígidos	42
4.2	Instalações em eletrodutos flexíveis de ferro	55
4.3	Dutos termoplásticos	56
4.3.1	Método Classe I	57
4.3.2	Método Classe II	57
4.3.3	Método Classe III	57
4.4	Enfição dos condutores nos eletrodutos	58
4.5	Instalações em linha aberta	60
<b>Capítulo 5</b>		<b>66</b>
5.1	Emendas e derivações de condutores	66
5.2	Ligação dos condutores aos bornes	71
5.3	Ligação de condutores a pinos e a tomadas	72
<b>Capítulo 6</b>		<b>75</b>
6.1	Aparelhos de iluminação	75
6.2	Interruptores e tomadas	81
6.3	Circuitos em eletrodutos com lâmpadas, interruptores e tomadas	86
6.4	Instalações para sinalização e controle	89
6.5	Instalação para bomba hidráulica	94
<b>Capítulo 7</b>		<b>96</b>
7.1	Circuitos alimentadores	96
7.2	Circuitos de distribuição	97
7.3	Número mínimo de tomadas	98
7.4	Dispositivos para manobras de circuitos	99
7.5	Chaves de faca	100
7.6	Disjuntores	101
7.7	Quadros de distribuição	103
<b>Capítulo 8</b>		<b>105</b>
8.1	Instalações aéreas	105
8.2	Instalações subterrâneas	109
<b>Capítulo 9</b>		<b>116</b>
9.1	Medidor de energia elétrica	116
9.1.1	Medidor de corrente contínua	116
9.1.2	Medidor de corrente alternada	117
9.2	Leitura do medidor	118
9.3	Medidores para circuitos polifásicos	118
<b>Capítulo 10</b>		<b>121</b>
10.1	Ligação dos sistemas à terra	121
10.2	Ligação do equipamento à terra	121

10.3	Condutor de ligação à terra	122
10.4	Eléctrodo de terra	124
<b>Capítulo 11</b>		<b>127</b>
11.1	Fenômenos eletrostáticos atmosféricos	127
11.2	Pára-raios	128
<b>Capítulo 12</b>		<b>131</b>
12.1	Suprimento da energia eléctrica	131
12.2	Ramal aéreo	131
12.3	Ramal em eletroduto	136
12.4	Ramal externo aéreo e interno subterrâneo	139
12.5	Ramal subterrâneo	140
12.6	Caixa terminal	141
12.7	Caixa seccionadora	143
12.8	Caixa de distribuição	144
12.9	Medição	146
<b>Capítulo 13</b>		<b>152</b>
13.1	Eficiência dos diferentes tipos de lâmpadas	152
13.2	Lâmpadas de descarga eléctrica em meio gasoso	153
13.3	Tipos de cátodos	154
	13.3.1 Cátodo frio	154
	13.3.2 Cátodo quente de duas espigas	154
	13.3.3 Cátodo quente de uma espiga	154
13.4	Lâmpada fluorescente	155
	13.4.1 Tipo normal ou <i>standard</i>	157
	13.4.2 Tipo alongado e fino	158
	13.4.3 Letreiros luminosos	158
	13.4.4 Tipo circular	158
13.5	<i>Starter</i> para lâmpadas fluorescentes	159
13.6	Frequência de alimentação e efeito estroboscópico	160
13.7	Duração média das lâmpadas fluorescentes	161
13.8	Esgotamento das lâmpadas fluorescentes	162
13.9	Defeitos de partida e suas causas	163
	13.9.1 A lâmpada pisca e não acende	163
	13.9.2 A lâmpada tarda a acender ou não acende	163
	13.9.3 As extremidades da lâmpada permanecem acesas	164
13.10	Receptáculos para lâmpadas fluorescentes e <i>starter</i>	164
13.11	Luminárias para lâmpadas fluorescentes	165
13.12	Lâmpada a vapor de mercúrio	170
13.13	Reator para lâmpadas a vapor de mercúrio	172
13.14	Lâmpada multivapor	173
13.15	Lâmpada lucalox	174
<b>Capítulo 14</b>		<b>176</b>
14.1	Princípios de fotometria	176
14.2	Noções gerais de iluminação	177
14.3	Vantagens de uma boa iluminação industrial	178

## X SUMÁRIO

14.4	Condições fundamentais para se obter uma boa iluminação industrial	178
14.5	Iluminação de fábricas	179
14.5.1	Iluminação geral	179
14.5.2	Iluminação geral e localizada	179
14.5.3	Iluminação combinada	180
14.6	Luminárias	180
14.6.1	Classificação geral das luminárias	180
14.6.2	Rendimento das luminárias	181
14.7	Recomendações para um projeto de iluminação	181
14.7.1	Níveis de iluminamento	181
14.7.2	Altura de montagem e espaçamento das luminárias	183
14.7.3	Projeto de iluminação	186
14.8	Avaliação da potência elétrica de uma instalação de iluminação	191
Capítulo 15		195
15.1	Símbolos gráficos	195

## Capítulo 1

### 1.1 — A ENERGIA ELÉTRICA

A eletricidade representa, indiscutivelmente, a forma de energia mais amplamente utilizada na época moderna. Lâmpadas de bolso, iluminação residencial, industrial e pública, rádios, televisão, geladeiras, máquinas de lavar, locomotivas, bombas, fornos, etc. funcionam utilizando a eletricidade.

A energia elétrica, na sua forma dinâmica, foi descoberta por acaso, no século XVIII, pelo professor de anatomia Luigi Galvani, que observou, na perna de uma rã, as contrações dos músculos causadas pelo movimento das cargas elétricas provocadas pelo contato desses músculos com dois metais diferentes.

O desenvolvimento assombroso das formas de aplicação da energia elétrica foi possibilitado por quatro fatores essenciais, a saber: baixo custo de produção, facilidade de transporte, a grandes distâncias, possibilidade de armazenamento e facilidade de regulação e controle.

### 1.2 — PRODUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA

A energia elétrica é produzida por geradores químicos e eletromecânicos, sendo estes últimos os responsáveis pela produção industrial em larga escala.

Os geradores eletromecânicos classificam-se em geradores de corrente contínua (dínamos) e geradores de corrente alternada (alternadores). A energia mecânica necessária à propulsão desses geradores é fornecida por turbinas hidráulicas e de vapor, motores Diesel e motores a explosão.

O local onde a energia elétrica é produzida chama-se usina elétrica, podendo ser hidráulica, térmica, nuclear e mista.

A *usina hidráulica* ou *hidrelétrica* utiliza água como meio propulsor

dos geradores e, geralmente, é instalada em zonas montanhosas, onde é possível o armazenamento de grandes volumes de água, que permitem o seu funcionamento também em épocas de pouca chuva.

A *usina térmica* ou *termelétrica* emprega motores térmicos para o acionamento dos geradores, isto é, turbinas de vapor, motores Diesel e motores de explosão. Requer combustível como lenha, carvão mineral ou óleo Diesel, cujo preço concorre para tornar a energia elétrica, assim produzida, de custo mais elevado que o da energia elétrica produzida pelas usinas hidrelétricas.

As usinas termelétricas estão situadas em zonas planas, onde não é possível acumular e utilizar a água e, de preferência, sua instalação é feita nas proximidades da costa, à beira dos grandes rios ou próximo de estradas de ferro onde podem ser abastecidas facilmente.

A *usina termonuclear* funciona com o mesmo princípio da usina termelétrica, utilizando como combustível a energia atômica.

A usina termonuclear não precisa ser abastecida continuamente de combustível, podendo ser localizada onde resultar mais conveniente.

A *usina mista* é, geralmente, constituída por uma usina hidrelétrica que não dispõe da quantidade de água necessária ao atendimento de seus utilizadores e, para compensar esta deficiência, emprega geradores acionados por motores térmicos.

### 1.3 — TRANSPORTE DA ENERGIA ELÉTRICA

Nem sempre o aproveitamento da energia elétrica se faz na zona em que é produzida. Quando empregada a centenas de quilômetros de distância, a energia é transportada do ponto de geração ao ponto de aproveitamento por meio de linhas elétricas aéreas ou subterrâneas.

A facilidade com que a tensão das correntes alternadas pode ser elevada, por meio de transformadores, torna possível o transporte econômico da energia elétrica a grandes distâncias.

### 1.4 — APROVEITAMENTO DA ENERGIA ELÉTRICA

O aproveitamento da energia elétrica é feito por meio de circuitos elétricos utilizadores, com várias tensões, conforme a finalidade a que se destina. Estas tensões são, em geral, mantidas dentro de limites de segurança, estabelecidos por regulamentos nacionais e internacionais. Os circuitos elétricos prediais destinados a residências utilizam a energia elétrica com 127 ou 220 volts. Os circuitos elétricos industriais utilizam a energia elétrica com 127, 220 e 380 volts.

Define-se *instalação elétrica* como sendo o conjunto dos circuitos que transportam a energia elétrica dos bornes dos geradores aos bornes dos aparelhos e máquinas utilizadores.

Uma instalação elétrica deve servir ao homem sem constituir um perigo e por esta razão deve ser cuidadosamente planejada e isolada. Para ser eficiente, deve ser de fácil manobra e controle, devendo apresentar o máximo rendimento com o mínimo de custo.

Todas as instalações elétricas destinadas a circuitos prediais devem obedecer ao exposto na Norma NB-3 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

### 1.5 — CORRENTE ELÉTRICA

Diz-se que um circuito é atravessado por corrente elétrica, quando as suas partes forem percorridas por cargas elétricas.

Tomando-se, por exemplo, o circuito indicado na fig. 1-1, verifica-se que, estando o interruptor *T* aberto, a lâmpada permanece apagada e o amperímetro não indica passagem de corrente. Fechando-se o interruptor *T*, conforme a fig. 1-2, a lâmpada se acende e o amperímetro acusa a passagem de corrente. Isto significa que o circuito está sendo percorrido por um movimento de cargas elétricas.

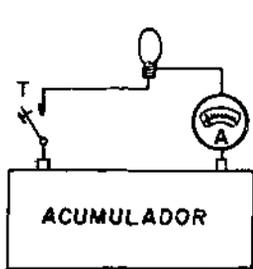


Fig. 1-1

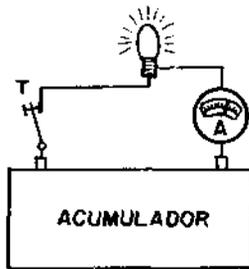


Fig. 1-2

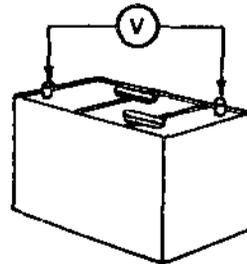


Fig. 1-3

A finalidade do interruptor é comandar o circuito. Quando aberto, interrompe a corrente e, quando fechado, permite a passagem da corrente através do circuito.

Um circuito elétrico envolve sempre um aparelho utilizador, que pode ser uma lâmpada, como no caso citado, um gerador de energia elétrica (no caso em exame é o acumulador), condutores e interruptores.

Para medir a corrente que atravessa o circuito, emprega-se o amperímetro, que, uma vez inserido no circuito, é atravessado pela corrente desse. A intensidade da corrente elétrica é medida em ampères. Um ampère

corresponde à passagem, através do circuito, da carga elétrica unitária (1 Coulomb) em cada segundo.

### 1.6 — TENSÃO OU DIFERENÇA DE POTENCIAL

Para que um circuito seja atravessado por corrente, é necessário que em seus bornes seja aplicada uma "pressão elétrica", chamada tensão ou diferença de potencial.

A diferença de potencial existente entre dois pontos de um circuito é medida em *volts*. Um volt corresponde à diferença de potencial existente nos bornes da pilha construída por Alessandro Volta no ano de 1800.

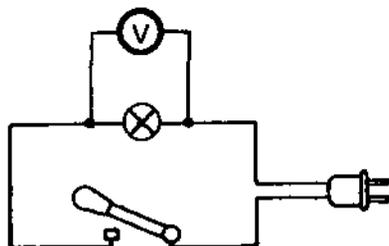


Fig. 1-4

O aparelho usado para medir a tensão é o voltímetro, que é ligado aos pontos entre os quais se deseja conhecer a diferença de potencial. A fig. 1-4 indica como conectar o voltímetro para medir a diferença de potencial nos bornes de uma lâmpada.

### 1.7 — CONDUTORES E ISOLANTES

Conectando os pontos *a* e *b* do circuito elétrico indicado na fig. 1-5 com uma barra de cobre, ferro, níquel ou qualquer outro metal, a lâmpada se acenderá indicando que as barras de metal deixam passar a corrente elétrica. Se, porém, os pontos *a* e *b* forem ligados por meio de uma barra de madeira, baquelite, ebonite, parafina, porcelana, matéria plástica, etc. a lâmpada não se acenderá, o que indica que estes materiais não deixam passar as cargas elétricas.

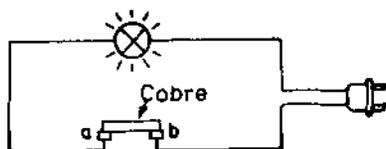


Fig. 1-5

Todos os materiais que se deixam atravessar pelas cargas elétricas são chamados *condutores* e os que não deixam passar as cargas elétricas denominam-se *isolantes*.

Tanto os condutores como os isolantes têm suas aplicações características nas instalações elétricas.

**1.8 — LEI DE OHM E UNIDADE DE RESISTÊNCIA ELÉTRICA**

Colocando-se entre os terminais *A* e *B* um condutor qualquer e alimentando-se este condutor com uma diferença de potencial regulável, conforme a fig. 1-6, observa-se que, ao variar a tensão de alimentação (registrada pelo voltímetro *V*), varia a corrente no circuito (registrada pelo amperímetro *A*).

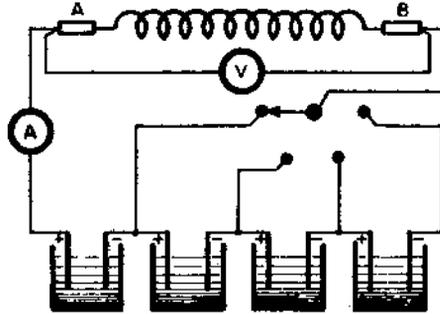


Fig. 1-6

Considerem-se, por exemplo, os resultados seguintes:

- 1.º)  $V_1 = 1$  volt ;  $I_1 = 0,5$  ampère
- 2.º)  $V_2 = 2$  volts ;  $I_2 = 1$  ampère
- 3.º)  $V_3 = 3$  volts ;  $I_3 = 1,5$  ampères
- 4.º)  $V_4 = 4$  volts ;  $I_4 = 2$  ampères

Dos resultados obtidos, nota-se que, dobrando a tensão, dobra a corrente; triplicando a tensão, triplica a corrente, etc., de maneira que a relação entre a tensão e a corrente é sempre constante, isto é:

$$1.º) \frac{V_1}{I_1} = \frac{1}{0,5} = 2$$

$$2.º) \frac{V_2}{I_2} = \frac{2}{1} = 2$$

$$3.º) \frac{V_3}{I_3} = \frac{3}{1,5} = 2$$

$$4.º) \frac{V_4}{I_4} = \frac{4}{2} = 2$$

Repetindo-se a experiência, substituindo o condutor *AB* por outro qualquer, obter-se-ão resultados diferentes. A relação entre as tensões e as correspondentes correntes será, entretanto, sempre constante, fornecendo um número qualquer, cujo valor para o caso anterior foi 2.

A relação entre tensão e corrente, que para um determinado condutor é sempre constante, representa uma grandeza física desse condutor, sendo chamada "resistência elétrica" do citado condutor.

A resistência de um condutor, definida pela Lei de Ohm, é representada pela relação entre a diferença de potencial (*V*) existente em seus bornes e a corrente (*I*) que o atravessa

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

Esta expressão permite obter as outras duas equivalentes, isto é:

$$V = R I \quad \text{e} \quad I = \frac{V}{R}$$

A unidade da resistência elétrica é o "ohm", que corresponde à resistência de um condutor que, alimentado pela diferença de potencial de 1 volt, é atravessado pela corrente de 1 ampère.

## 1.9 — RESISTÊNCIA ELÉTRICA DOS CONDUTORES

Não há condutores perfeitos, isto é, condutores que se deixem atravessar pelas cargas elétricas sem oferecerem resistência alguma.

A resistência elétrica dos condutores depende de vários fatores avaliados através de experiências.

Conectando os bornes *A* e *B* do sistema indicado na fig. 1-7 sucessivamente por dois condutores do mesmo material e igual diâmetro, porém, um com o dobro do comprimento do outro, observar-se-á que o condutor mais comprido é atravessado por uma corrente que é exatamente a metade da que atravessa o condutor mais curto.

Esta simples experiência demonstra que o condutor mais comprido apresenta uma resistência elétrica duas vezes maior que a do outro e, portanto, que a resistência elétrica de um condutor é diretamente proporcional ao comprimento do mesmo.

Repetindo a experiência com dois condutores, do mesmo material e do mesmo comprimento, porém, um com o dobro da seção do outro, observar-se-á que o condutor mais grosso é atravessado por uma corrente que é exatamente duas vezes maior do que aquela que atravessa o condutor mais fino.

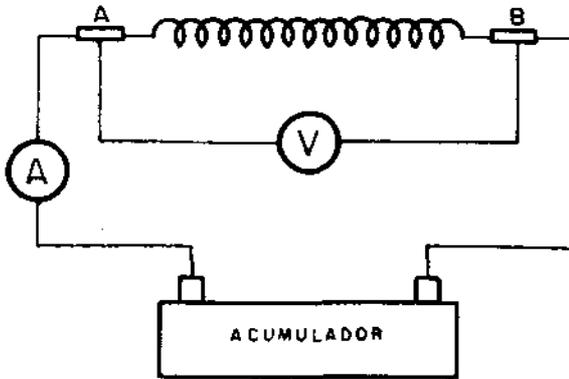


Fig. 1-7

Esta última experiência demonstra que a resistência elétrica do condutor mais grosso é exatamente a metade da do condutor mais fino e, portanto, que a resistência elétrica de um condutor é inversamente proporcional à seção do mesmo.

Através de nova experiência com dois condutores de igual comprimento e igual seção, porém de material diferente, por exemplo, um de ferro e outro de cobre, observar-se-á que o condutor de ferro é atravessado por uma corrente menor que a do cobre. Isso demonstra que materiais diferentes possuem aptidões diferentes para formar resistências elétricas.

As observações expostas permitem escrever a seguinte relação:

$$R = \varrho \frac{l}{S}$$

onde:

$R$  = resistência elétrica do condutor, em ohms.

$\varrho$  = coeficiente que depende da natureza do material, chamado "resistividade".

$l$  = comprimento do condutor, em metros.

$S$  = seção do condutor, em milímetros quadrados.

Entende-se por *resistividade* ou *resistência específica* de um material a resistência, em ohms, de um condutor feito desse material, medindo um metro de comprimento e um milímetro quadrado de seção. Os valores da resistência específica dos materiais mais empregados nas instalações elétricas estão indicados no quadro 1-1.

RESISTIVIDADE OU RESISTÊNCIA ESPECÍFICA A 15°C	
MATERIAL	$\rho = \text{ohm} \cdot \text{m} \cdot \text{mm}^2$
Alumínio	0,03
Chumbo	0,2
Cobre	0,0175
Ferro	0,1
Prata	0,015

Quadro 1-1

### 1.10 — INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A RESISTÊNCIA ELÉTRICA DOS CONDUTORES

Se entre os bornes *A* e *B* do circuito elétrico da fig. 1-8 for ligado um condutor qualquer, o amperímetro acusará uma determinada corrente.

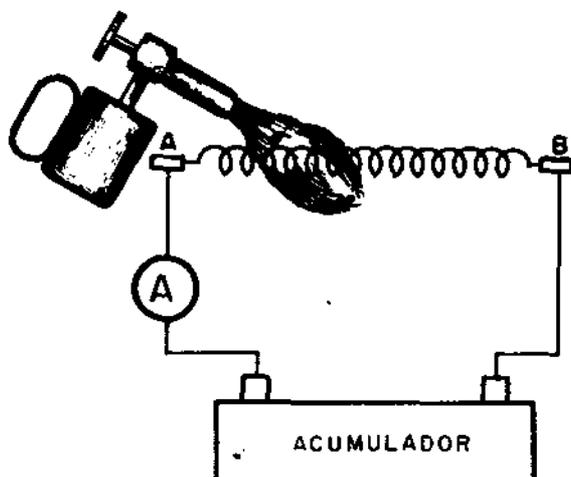


Fig. 1-8

Se o condutor for aquecido, a corrente do circuito sofrerá considerável redução e, quanto maior for o aquecimento, menor será a corrente no circuito.

Assim sendo, pode-se concluir que a *resistência elétrica* dos condutores depende também da temperatura dos mesmos.

Essa influência depende da natureza do material de que são constituídos.

Demonstra-se matematicamente que, se  $R_0$  é a resistência de um condutor à temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ , o valor da resistência desse condutor à temperatura de  $t^{\circ}\text{C}$  é expresso pela fórmula.

$$R = R_0 (1 + \alpha t)$$

onde  $\alpha$  é o coeficiente de temperatura do metal que se considera, e representa a variação da resistência pelo aumento de um grau centígrado de temperatura para cada ohm de resistência inicial do condutor.

Conhecendo-se o valor  $R$  da resistência elétrica de um condutor à temperatura  $t_1$ , pode-se calcular o valor da mesma para a temperatura  $t_2$ , completando-se a fórmula como segue:

$$R_2 = R [1 + \alpha (t_2 - t_1)]$$

Os valores do coeficiente de temperatura dos materiais mais empregados nas instalações elétricas estão indicados no quadro 1-2.

COEFICIENTES DE TEMPERATURA	
MATERIAL	$\alpha$
Alumínio	0,00427
Chumbo	0,0039
Cobre	0,00426
Ferro	0,0046
Prata	0,0034

Quadro 1-2

### EXERCÍCIOS

- 1 — Aplicando-se nos bornes de um condutor a diferença de potencial de 12 volts, o mesmo é percorrido pela corrente de 4 ampères; qual é o valor de sua resistência elétrica?

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12}{4} = 3 \text{ ohms}$$

- 2 — Qual o valor da tensão a ser aplicada nos bornes de um condutor, cuja resistência elétrica é 22 ohms, para que o mesmo seja atravessado pela corrente de 0,5 ampère?

$$V = R \cdot I = 22 \times 0,5 = 11 \text{ volts}$$

- 3 — Qual o valor da corrente elétrica que atravessa um condutor, cuja resistência é 40 ohms, se for aplicada em seus bornes uma tensão de 120 volts?

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120}{40} = 3 \text{ ampères}$$

- 4 — Calcular a resistência de um condutor de cobre a 15°C, sabendo-se que a seção do mesmo é 2 milímetros quadrados e o seu comprimento é 500 metros.

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0,0175 \frac{500}{2} = 4,37 \text{ ohms}$$

- 5 — Qual é o comprimento de um condutor de cobre, cuja resistência é de 8 ohms, sendo sua seção de 0,4 milímetros quadrados?

$$l = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{8 \cdot 0,4}{0,0175} = 182 \text{ metros}$$

- 6 — Qual é o valor da resistência específica de um condutor, cujo comprimento é 750 metros, sua seção 2 milímetros quadrados e o valor de sua resistência elétrica é de 6 ohms?

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l} = \frac{6 \cdot 2}{750} = 0,016 \text{ ohm} \cdot \text{metro} \cdot \text{milímetro}$$

- 7 — Um condutor de cobre apresenta, à temperatura de 15°C, a resistência de 120 ohms. Qual será sua resistência à temperatura de 110°C?

$$R_t = R [1 + \alpha (t_2 - t_1)] = 120 [1 + 0,00426 (110 - 15)] = 168 \text{ ohms}$$

### 1.11 — RESISTÊNCIAS AGRUPADAS EM SÉRIE E QUEDA DE TENSÃO

O valor total de várias resistências ligadas em série, isto é, uma após a outra, é dado pela soma dos valores de cada uma das resistências agrupadas.

Por exemplo, o valor da resistência total do circuito indicado na fig. 1-9 é:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 =$$

$$= 4 + 10 + 6 = 20 \text{ ohms}$$

Todas as resistências agrupadas em série são atravessadas pela mesma corrente, cujo valor é dado por:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{200}{20} = 10 \text{ ampères}$$

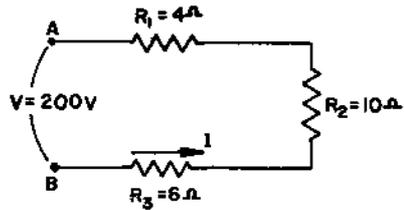


Fig. 1-9

O valor da diferença de potencial existente nos bornes de cada resistência é igual ao produto do valor da resistência considerada pela corrente no circuito. Assim sendo, para o circuito da fig. 1-9, verifica-se:

— Nos bornes da resistência  $R_1$

$$V_1 = R_1 \cdot I = 4 \times 10 = 40 \text{ volts}$$

— Nos bornes da resistência  $R_2$

$$V_2 = R_2 \cdot I = 10 \times 10 = 100 \text{ volts}$$

— Nos bornes da resistência  $R_3$

$$V_3 = R_3 \cdot I = 6 \times 10 = 60 \text{ volts}$$

Somando as diferenças de potencial existentes nos bornes de cada resistência agrupada, na série, obtém-se o valor da tensão total aplicada aos bornes do circuito, isto é:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 40 + 100 + 60 = 200 \text{ volts}$$

Aos valores das diferenças de potencial existentes nos bornes de cada resistência agrupada dá-se o nome de *queda de tensão*, pois representa a parcela da tensão total necessária para que a corrente no circuito possa vencer a resistência considerada.

Assim sendo, pode-se dizer que a queda de tensão da resistência  $R_1$  é de 40 volts, a da  $R_2$  é de 100 volts e a da  $R_3$  é de 60 volts. Seguindo este

mesmo raciocínio, poderá dizer-se que, dos 200 volts aplicados ao circuito, processou-se uma queda de tensão global, por exemplo, de 100 volts (40 volts na resistência  $R_1$  e 60 volts na resistência  $R_2$ ) ficando 100 volts disponíveis para a alimentação da resistência  $R_2$ .

O fenômeno acima descrito verifica-se em todos os circuitos elétricos, pois os condutores dos mesmos, que inevitavelmente apresentam uma certa resistência elétrica, comportam-se como as resistências  $R_1$  e  $R_2$  do circuito da fig. 1-9.

Examine-se o circuito da fig. 1-10, constituído por dois condutores de cobre, cada um com a resistência de 0,5 ohm, que alimentam um aparelho de iluminação cuja absorção é 10 ampères.

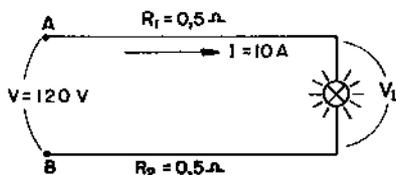


Fig. 1-10

A corrente, ao atravessar os condutores, provoca uma queda de tensão  $\Delta V = 2 \times 0,5 \times 10 = 10$  volts. Se a tensão aplicada nos bornes  $A$  e  $B$  do circuito for 120 volts, para o aparelho de iluminação fica disponível a diferença de potencial:

$$V_L = V - \Delta V = 120 - 10 = 110 \text{ volts}$$

A queda de tensão, que se verifica nos condutores de uma linha de alimentação, chama-se *queda de linha* e, em geral, nas instalações elétricas, não deve superar o valor de 5% da tensão de alimentação.

**EXERCÍCIO** — Um chuveiro elétrico, que absorve a corrente de 30 ampères, é alimentado por uma linha constituída por dois condutores. A tensão de alimentação no início da linha é  $V = 120$  volts, conforme fig. 1-11. A distância do chuveiro ao ponto de alimentação é de 50 metros. Calcular a seção dos condutores para obter-se uma queda de linha de 5% da tensão de alimentação.

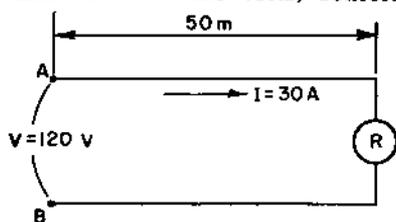


Fig. 1-11

*Solução:*

$$\text{A queda de tensão na linha é: } \Delta V = \frac{5 \times 120}{100} = 6 \text{ volts}$$

Para que a corrente de 30 ampères possa provocar a queda de tensão de 6 volts, a resistência total dos dois fios deve ser:

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{6}{30} = 0,2 \text{ ohm}$$

Sendo o comprimento total dos condutores  $l = 50 + 50 = 100$  metros, a seção dos mesmos deve ser:

$$S = \frac{Q \cdot l}{R} = \frac{0,0175 \times 100}{0,2} = 8,75 \text{ mm}^2$$

### 1.12 ~ RESISTÊNCIAS AGRUPADAS EM PARALELO

Agrupando-se várias resistências em paralelo, conforme fig. 1-12, o valor da resistência total do conjunto é inferior ao da menor resistência agrupada, e pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

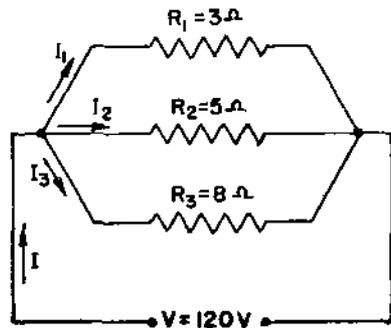


Fig. 1-12

Assim sendo, o valor da resistência total do circuito indicado na fig. 1-12 será:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{8}} = \frac{1}{\frac{40 + 24 + 15}{120}} = \frac{1}{\frac{79}{120}} = \frac{120}{79} = 1,52 \text{ ohms}$$

A diferença de potencial aplicada nos bornes de um conjunto de resistências agrupadas em paralelo age diretamente sobre cada uma das resistências e, no caso do circuito da fig. 1-12, o valor da corrente em cada resistência é:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{120}{3} = 40 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{120}{5} = 24 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{120}{8} = 15 \text{ A}$$

O valor da corrente no circuito de alimentação corresponde à soma dos valores das correntes nas resistências agrupadas, isto é:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 40 + 24 + 15 = 79 \text{ A}$$

Este mesmo resultado é obtido utilizando o valor total da resistência do circuito, isto é:

$$I = \frac{V}{R_t} = \frac{120}{1,52} = 79 \text{ A}$$

### 1.13 — POTÊNCIA ELÉTRICA

A importância prática dos fenômenos elétricos consiste na propriedade que as correntes elétricas têm de transmitir energia e produzir trabalho.

A potência elétrica de um circuito representa o trabalho que este absorve ou produz na unidade de tempo. A unidade da potência elétrica é o watt e corresponde à potência elétrica de um circuito atravessado pela corrente de um ampère quando em seus bornes existe a diferença de potencial de um volt.

A potência elétrica, em watts, de um circuito é dada pelo produto do valor, em ampères, da corrente que o atravessa, pelo valor, em volts, da diferença de potencial existente em seus bornes.

$$P = I \cdot V$$

Desta expressão podem ser deduzidas as outras duas que lhe correspondem, isto é:

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{e}$$

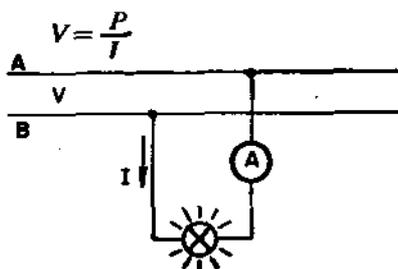


Fig. 1-13

Assim sendo, se a lâmpada da fig. 1-13, alimentada por uma linha com tensão  $V = 120$  volts, absorver a corrente  $I = 0,5$  ampère, a potência absorvida resulta:

$$P = V \cdot I = 120 \cdot 0,5 = 60 \text{ watts}$$

Analogamente, uma lâmpada cuja potência é 150 watts, se alimentada com a tensão de  $V = 120$  volts, absorverá a corrente:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{150}{120} = 1,25 \text{ ampères}$$

A potência elétrica é medida também em quilowatts (kW), sendo 1 kW = 1.000 watts.

Tomando-se em consideração o princípio da conservação da energia, pode-se afirmar que, se a lâmpada da fig. 1-13 absorve a potência de 60 watts, esta mesma potência deve ser produzida por um gerador, que não está representado na figura, mas que está conectado aos fios A e B da linha que alimenta a lâmpada.

A potência elétrica, que antes foi expressa em função da tensão  $V$  e da corrente  $I$ , pode ser expressa também em função da corrente  $I$  e da resistência  $R$  do aparelho utilizador.

Considere-se o circuito da fig. 1-14, em que uma resistência de valor  $R$  está sendo alimentada pela tensão  $V$ , absorvendo a corrente  $I$ . A potência absorvida por esta resistência pode ser expressa por:

$$P = V \cdot I$$

Entretanto, o valor da diferença de potencial  $V$  pode ser expresso por:

$$V = R \cdot I$$

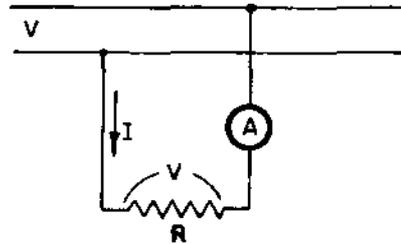


Fig. 1-14

Substituindo na equação da potência o valor  $V$  por  $R \cdot I$ , resulta:

$$P = R \cdot I \cdot I = RI^2$$

Esta última expressão mostra que a potência elétrica, em watts, absorvida por uma resistência é obtida pelo produto do valor da resistência, em ohms, pelo quadrado do valor da corrente, em ampères.

A potência elétrica absorvida por uma resistência transforma-se totalmente em calor.

A expressão  $P = R \cdot I^2$  só é válida para resistências elétricas. Para motores e acumuladores, por exemplo, deve ser usada a expressão  $P = V \cdot I$ , pelo fato de que uma parte da potência absorvida por um motor ou um acumulador se transforma em potência mecânica ou química e não em calor.

Outras unidades de medidas da potência, no caso do trabalho mecânico, são:

Quilogrammetro por segundo: kgm/s

Cavalo-vapor: cv = 75 kgm/s = 736 watts = 0,736 kW

**EXERCÍCIOS**

- 1 — Calcular a corrente absorvida por um aquecedor de resistências, cuja potência é 5 kW, quando alimentado pela tensão de 220 volts.

*Solução:*

$$5 \text{ kW} = 5.000 \text{ W}; I = \frac{P}{V} = \frac{5.000}{220} = 22,7 \text{ ampères}$$

- 2 — Calcular a corrente absorvida por um motor de corrente contínua de 5 cv, alimentado pela tensão de 220 volts, considerando de 0,8 o rendimento.

*Solução:*

$$5 \text{ cv} = 5 \times 736 = 3.680 \text{ watts}$$

Se o motor fornece 3.680 watts, deverá absorver uma potência maior, que, conhecendo-se o rendimento  $\eta = 0,8$ , resulta:

$$P_a = \frac{P}{\eta} = \frac{3.680}{0,8} = 4.600 \text{ watts}$$

A corrente absorvida pelo motor é:

$$I = \frac{P_a}{V} = \frac{4.600}{220} = 21 \text{ ampères}$$

**1.14 — ENERGIA ELÉTRICA**

Um circuito elétrico, que produz ou absorve a potência de  $P$  watts, trabalhando um certo número de segundos ( $t$ ), produzirá ou absorverá o trabalho elétrico expresso por:

$$T = P \cdot t = \text{watts} \times \text{s}$$

O produto de watts por segundos fornece o trabalho elétrico expresso em *joules*.

Um circuito, cuja potência é um watt, trabalhando uma hora, ou seja, 3.600 segundos, produzirá ou absorverá o trabalho elétrico de 3.600 joules. A este trabalho dá-se o nome de watt-hora (Wh) e constitui a *unidade de medição da energia elétrica*.

Além do Wh, costuma-se utilizar também o kWh que corresponde a 1.000 Wh.

**EXERCÍCIOS**

- 1 — Calcular o custo da energia elétrica gasta por 20 lâmpadas de 60 watts em 30 horas de funcionamento, se 1 kWh custa Cr\$ 0,30.

*Solução:*

Potência total:  $20 \times 60 = 1.200$  watts.

Energia elétrica gasta:  $\frac{1.200 \times 30}{1.000} = 36$  kWh

Custo da energia:  $36 \times 0,30 = \text{Cr\$ } 10,80$

- 2 — Calcular o gasto horário de uma instalação, que alimenta simultaneamente: um aquecedor de 2,5 kW; 20 lâmpadas de 60 watts e um projetor de 1,5 kw, considerando o custo da energia elétrica de Cr\$ 0,30.

*Solução:*

Potência total:  $2,5 + \frac{20 \times 60}{1.000} + 1,5 = 5,2$  kW

Energia gasta numa hora: 5,2 kWh

Custo horário:  $5,2 \times 0,3 = \text{Cr\$ } 1,56$

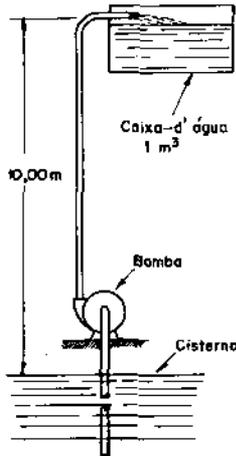


Fig. 1-15

- 3 — A caixa-d'água da fig. 1-15, tendo capacidade de  $1 \text{ m}^3$ , colocada a 10 m de altura sobre o nível da água da cisterna, deve ser enchida por meio de uma bomba acionada eletricamente. Calcular:

a) A potência do motor em cv, considerando o rendimento da bomba  $\eta_b = 0,6$  e de 10 minutos o tempo necessário para encher a caixa.

b) O custo da energia elétrica em 100 horas de funcionamento, considerando o rendimento motor  $\eta_m = 0,8$ .

*Solução:*

- a) Trabalho para elevar  $1 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ kg}$  de água a 10 metros de altura:

$$T = 1.000 \times 10 = 10.000 \text{ kgm}$$

Se o rendimento da bomba é  $\eta_b = 0,6$ , o trabalho a ser produzido pelo motor é:

$$T_m = \frac{10.000}{0,6} = 16.666 \text{ kgm}$$

Se o tempo necessário para encher a caixa é de 10 minutos, isto é, 600 segundos, a potência que o motor deve produzir é:

$$P_m = \frac{T_m}{t} = \frac{16.666}{600} = 27,77 \text{ kgm/s}$$

Sendo  $1 \text{ cv} = 75 \text{ kgm/s}$ , a potência do motor em cv é:

$$P_m = \frac{27,77}{75} = 0,37 \text{ cv}$$

- b) A potência elétrica em watts absorvida pelo motor é expressa por:

$$P_a = \frac{P_m \times 736}{\eta_m}$$

Sendo  $\eta_m = 0,8$  resulta:

$$P_a = \frac{0,37 \times 736}{0,8} \cong 340 \text{ watts}$$

A energia elétrica absorvida em 100 horas de funcionamento é:

$$T_a = \frac{P_a \times h}{1.000} = \frac{340 \cdot 100}{1.000} = 34 \text{ kWh}$$

O custo desta energia resulta:  $34 \times 0,3 = \text{Cr\$ } 10,20$

## Capítulo 2

### 2.1 — CIRCUITOS COM CORRENTE CONTÍNUA

Chama-se corrente contínua a que se desloca, num circuito, sempre no mesmo sentido. É fornecida por dínamos, acumuladores, pilhas, conversores, comutatrizes e retificadores.

Os circuitos de corrente contínua se compõem de dois condutores, um positivo (+) e outro negativo (-), conforme fig. 2-1, e os aparelhos utilizadores são derivados desses dois fios.

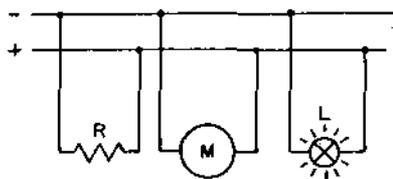


Fig. 2-1

A corrente contínua hoje não é mais utilizada para alimentação das instalações prediais. Seu uso é limitado a casos especiais.

Emprega-se a corrente contínua nas instalações de eletroquímica, nas instalações elétricas dos automóveis, em tração elétrica e outros circuitos em que não é aconselhável o emprego da corrente alternada.

### 2.2 — CIRCUITOS COM CORRENTE ALTERNADA

Chama-se corrente alternada a que inverte constantemente seu sentido ao longo do circuito de geração e utilização.

A cada duas inversões ou alternâncias dá-se o nome de período, e ao número que expressa a quantidade de períodos, que se processam num segundo, dá-se o nome de frequência da corrente.

A frequência é, portanto, medida em períodos ou ciclos por segundo ou "Hertz" (Hz), em homenagem ao cientista que os definiu.

No Brasil, a quase totalidade das correntes alternadas é de 60 Hz, havendo, entretanto, algumas zonas que ainda possuem usinas termelétricas de 50 Hz. Estas últimas, porém, estão sendo modificadas para que em poucos anos todo o território nacional tenha a corrente alternada com a frequência de 60 Hz.

Os circuitos de corrente alternada podem apresentar-se de duas formas diferentes, isto é:

- Circuitos monofásicos (fase e neutro)
- Circuitos trifásicos com e sem neutro

### 2.3 — CIRCUITO MONOFÁSICO

O circuito de corrente alternada, de uma fase e neutro, chamado também circuito monofásico, é composto de dois fios, dos quais, em geral, o neutro está eletricamente ligado com a terra.

Os aparelhos utilizadores estão derivados aos dois fios do circuito, conforme fig. 2-2. A corrente que atravessa o fio neutro é igual à do fio-fase, porém, nem sempre a corrente no circuito corresponde à soma aritmética das correntes absorvidas pelos aparelhos utilizadores.

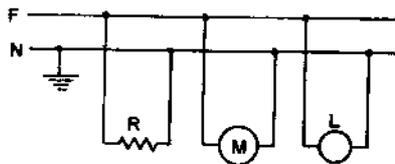


Fig. 2-2

A correspondência da corrente no circuito com a soma aritmética das correntes absorvidas pelos aparelhos utilizadores verifica-se somente em casos especiais, como, por exemplo, se todos eles forem constituídos por resistências (carga ôhmica), o que ocorre com lâmpadas incandescentes ou aparelhos de aquecimento. Tratando-se de motores, esta correspondência não se verifica mais.

Os circuitos de uma fase e neutro, em geral, possuem a tensão de 127 ou 220 volts.

### 2.4 — CIRCUITO TRIFÁSICO

Considerando-se que a energia elétrica é gerada, transportada e, em grande parte, utilizada por circuitos trifásicos, são estes circuitos os mais importantes do ponto de vista industrial.

Os circuitos trifásicos se compõem de três ou quatro fios, conforme figs.

2-3 e 2-4, dos quais os condutores 1, 2 e 3 são fios-fase e o zero é o fio neutro. A tensão existente entre cada fio-fase e o neutro, chama-se tensão de fase e indica-se com  $V_f$ . A tensão existente entre os fios-fase chama-se tensão de linha ou tensão concatenada, sendo indicada por  $V$ .

A tensão  $V$  medida entre dois fios-fase quaisquer é  $1,73$ , isto é,  $\sqrt{3}$  vezes maior que a tensão de fase  $V_f$ , medida entre qualquer um dos fios-fase e o neutro.

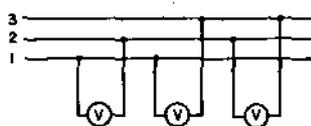


Fig. 2-3

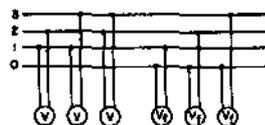


Fig. 2-4

Assim sendo, os voltímetros  $V$ , ligados entre os fios-fase dos circuitos das figs. 2-3 e 2-4, medem a tensão de linha, enquanto os voltímetros  $V_f$ , do circuito da fig. 2-4, ligados entre os fios-fase e o neutro, medem a tensão de fase.

Se, por exemplo, a tensão entre os fios-fase e o neutro de uma linha trifásica for 220 volts, a tensão existente entre os fios-fase da mesma será  $220 \times \sqrt{3} = 380$  volts aproximadamente.

A maioria das linhas trifásicas, no Brasil, possui tensões de linha de 380 e 220 volts, com as respectivas tensões de fase de 220 e 127 volts.

A corrente em cada fio-fase depende do número de aparelhos, do tipo de carga de cada aparelho e da forma como cada aparelho está conectado com relação aos fios-fase e ao neutro.

Os aparelhos de aproveitamento de uma linha trifásica podem ser ligados a esta de duas maneiras distintas.

#### 2.4.1 — Ligação em triângulo

A ligação em triângulo se verifica quando os aparelhos utilizados estão ligados aos fios-fase, conforme fig. 2-5. Neste caso, a linha de alimentação só precisa de três fios, dispensando o neutro.

Os aparelhos conectados em triângulo devem ser construídos para a tensão correspondente à concatenada  $V$  da linha de alimentação.

A denominação de ligação em triângulo vem do fato de os fios 1 e 6; 2 e 3; 4 e 5, sendo ligados ao mesmo fio-fase, poderem ser substituídos por um único condutor, conforme indica o esquema da fig. 2-6. Os aparelhos utilizadores, assim ligados, formam um triângulo, cujos vértices são alimentados pelos condutores  $A, B, C$ , que substituem, respectivamente, os pares de fios 1 e 6; 2 e 3; 4 e 5.

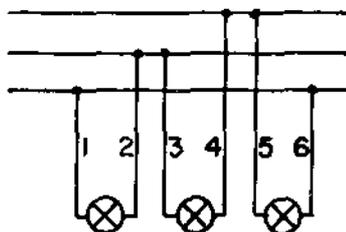


Fig. 2-5

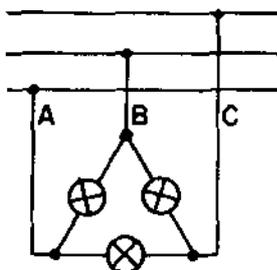


Fig. 2-6

#### 2.4.2 — Ligação em estrela

A ligação em estrela se verifica quando os aparelhos utilizadores estão ligados entre os fios-fase e o neutro de uma linha trifásica, conforme fig. 2-7. Neste caso, a linha de alimentação deve possuir quatro fios, sendo portanto uma linha trifásica com neutro.

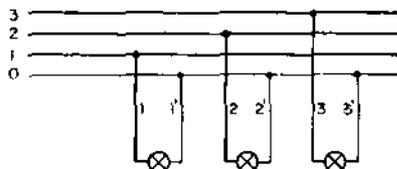


Fig. 2-7

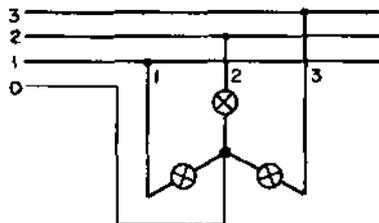


Fig. 2-8

Os aparelhos utilizadores assim ligados devem ser construídos para a tensão correspondente à de fase  $V_f$ .

A denominação de ligação em estrela vem do fato dos fios 1', 2', 3', ligados ao fio neutro, poderem ser agrupados num único ponto do fio neutro, constituindo assim o centro de uma estrela imaginária. Nos lados desta estrela estão inseridos os aparelhos utilizadores, alimentados pelos fios 1, 2, 3, conforme indica a fig. 2-8.

Se os aparelhos utilizadores forem iguais entre si, absorverão a mesma corrente e, quando ligados em estrela, nenhuma corrente passará no fio

neutro. Neste caso, o fio neutro pode ser eliminado, o que se costuma fazer para as linhas que alimentam motores trifásicos ou qualquer outro tipo de carga equilibrada e simétrica.

Nas linhas que alimentam circuitos de iluminação, a igualdade de corrente nos três fios-fase é praticamente conseguida só em casos raros, por isso devem sempre possuir o fio neutro.

Se a corrente nos três fios-fase possuir igual valor, diz-se que a carga da linha está equilibrada e, quando se verifica este equilíbrio, o circuito trifásico trabalha em melhores condições. Esta é a razão pela qual se procura repartir por igual a carga entre os fios-fase, quando se conectam a estes os aparelhos ou os circuitos de uma instalação.

## 2.5 — ALIMENTAÇÃO DE CIRCUITOS DOMICILIARES COM LINHAS TRIFÁSICAS

As instalações domiciliares são alimentadas por circuitos monofásicos derivados de linhas trifásicas com neutro, conforme fig. 2-9.

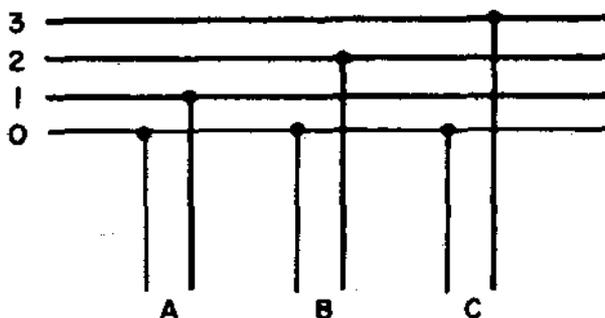


Fig. 2-9

Os circuitos *A*, *B* e *C* representam, por exemplo, três circuitos monofásicos, devendo cada um alimentar uma residência.

A distribuição dos circuitos monofásicos pelos três fios-fase da linha deve ser feita com critério, para garantir o maior equilíbrio de carga possível.

Quando a potência de um circuito for considerada excessiva para um fio-fase da linha, esse circuito será subdividido e alimentado por dois fios da linha, conforme ocorre para as derivações *A* e *B* da fig. 2-10.

Também os circuitos alimentados por dois fios-fase e neutro devem ser distribuídos criteriosamente, de forma a garantir o equilíbrio de carga nos três fios-fase da linha de alimentação.

No sistema de alimentação com duas fases e o neutro, neste último não deve ser colocado fusível, conforme fig. 2-11. A queima ou mesmo um simples mau contato do fusível pode provocar anomalias de funcionamento nos circuitos.

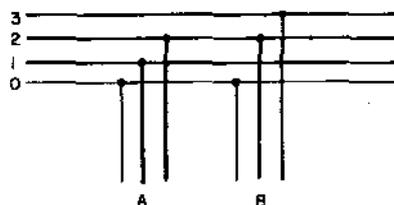


Fig. 2-10

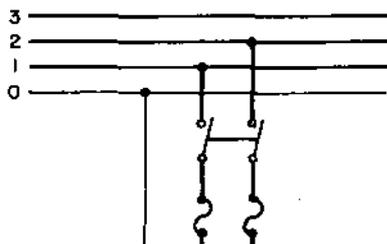


Fig. 2-11

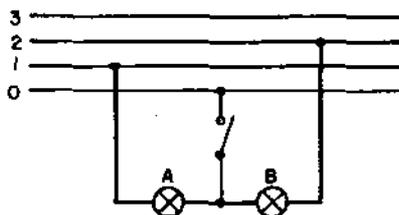


Fig. 2-12

Examine-se o esquema da fig. 2-12 destinado a alimentar os aparelhos utilizadores *A* e *B*, cada um dos quais por um fio-fase e neutro. Este tipo de alimentação verifica-se quando o interruptor *I* estiver fechado, tendo cada aparelho seu funcionamento independente do outro. A abertura do interruptor *I* que, por exemplo, pode simular um fusível queimado, faz com que os dois aparelhos (*A*) e (*B*), ligados em série, sejam alimentados por dois fios-fase, podendo o de menor capacidade sofrer sobrecarga. Os dois aparelhos (*A*) e (*B*), ligados como acima foi exposto, não possuem mais funcionamento independente pois, se um deles deixar de funcionar, o outro deixará também.

Para observar analiticamente os fatos acima expostos, considere-se que:  $V_f = 127$  volts;  $V = 220$  volts;  $R_A = 2$  ohms e  $R_B = 20$  ohms. Exa-

mine-se agora o funcionamento dos dois aparelhos, quando o interruptor *I* estiver fechado e quando estiver aberto.

*Interruptor I fechado*

Corrente absorvida pelos aparelhos:

$$I_A = \frac{V_f}{R_A} = \frac{127}{2} = 63,5 \text{ ampères}$$

$$I_B = \frac{V}{R_B} = \frac{127}{20} = 6,35 \text{ ampères}$$

*Interruptor I aberto*

Os aparelhos estão ligados em série, sendo alimentados pela tensão  $V = 220$  volts. A corrente que os atravessa será:

$$I_{AB} = \frac{V}{R_A + R_B} = \frac{220}{2 + 20} = \frac{220}{22} = 10 \text{ ampères}$$

É evidente que a corrente de 10 ampères é insuficiente para o aparelho *A* e excessiva para o aparelho *B*, podendo este último sofrer sérias avarias.

## **Capítulo 3**

### **3.1 — CONDUTORES**

A geração, o transporte e a utilização da energia elétrica se faz por meio de condutores devidamente isolados. Os condutores devem ser especificados quanto à:

- Natureza do material condutor
- Natureza do seu isolamento
- Natureza da proteção mecânica
- Área da seção transversal

#### **3.1.1 — Natureza do material condutor**

O material geralmente empregado na fabricação dos condutores é o cobre eletrolítico. Na fabricação de cabos, além do cobre, é empregado também alumínio. Os fios para telefone, destinados a conectar o aparelho com a caixa de distribuição, possuem condutor de bronze duro.

Em todos os casos em que, num projeto, não consta nenhuma especificação quanto à natureza do material dos condutores, deverá entender-se que os mesmos são de cobre.

#### **3.1.2 — Natureza do isolamento**

A natureza do isolamento dos condutores e cabos depende da finalidade a que os mesmos se destinam, devendo o isolamento mínimo ser adequado à tensão de serviço de 600 volts. Os materiais isolantes atualmente utilizados para condutores e cabos são:

- Borracha sintética
- Borracha butílica
- Borracha etileno-propileno

- Pirevnil (composto termoplástico de cloreto de polivinila)
- Polietileno reticulado
- Sintanax
- Papel impregnado

**3.1.3 — Natureza da proteção mecânica**

A proteção mecânica dos condutores e dos cabos destinados a instalações prediais, conforme as finalidades a que se destinam, é feita com matéria plástica resistente à abrasão, chumbo ou fita de aço.

**3.1.4 — Área da seção transversal**

A área da seção transversal dos condutores deverá ser expressa pelo seu valor em milímetros quadrados, ou pelo diâmetro em milímetros, ou, ainda, pelo número correspondente de uma bitola-padrão. O uso da bitola-padrão dispensa a indicação da seção ou do diâmetro do condutor. A Norma NB-3 da ABNT adota como padrão a bitola americana "American Wire Gage", abreviadamente "AWG".

Para os condutores de seção transversal maior que a correspondente ao número (4/0) da AWG, a seção transversal deverá ser expressa, de preferência, em milímetros quadrados, sendo também admitido exprimi-la na unidade norte-americana "Circular Mil", abreviadamente "CM".

A tabela 3-1 mostra a correspondência entre as bitolas AWG, os CM e a seção transversal correspondente em milímetros quadrados.

SEÇÃO NOMINAL	
mm <sup>2</sup>	AWG e CM
0,82	18
1,30	16
2,08	14
3,00	12
5,27	10
8,35	8
13,30	6
21,10	4
33,60	2
53,40	0
67,50	00
85,00	000
107,20	0000
152,00	300.000
202,70	400.000
304,00	600.000
405,40	800.000
506,70	1.000.000

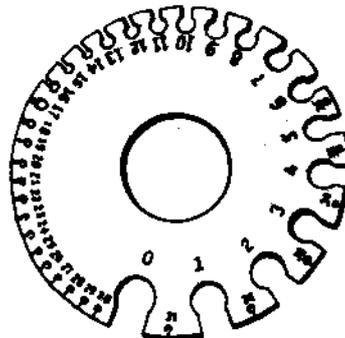


Fig. 3-1

Tabela 3-1

Quanto à sua formação, os condutores poderão ser formados por um único fio ou por diversos fios, encordoados ou não, conforme o grau de flexibilidade que se deseja. Os condutores constituídos por diversos fios são chamados de cabos (grande seção) ou cordões (pequena seção).

A bitola dos condutores pode ser medida com um instrumento apropriado chamado fieira. Esta, conforme fig. 3-1, é um calibre com diversos rasgos, em correspondência aos quais estão gravados os números da escala da AWG.

### 3.2 — EMPREGO E TIPOS DE FIOS E CABOS

Conforme a finalidade a que se destina, um condutor deverá possuir qualidades de isolamento e proteção mecânica apropriadas. A seguir, serão vistas essas qualidades com respeito aos condutores fabricados pela Pirelli.

Nas tabelas seguintes, com o intuito de simplificar a apresentação, em lugar da unidade "Circular Mil — CM" será utilizada a "Mil Circular Mil — MCM" que é 1.000 vezes maior. Sempre com o intuito de simplificar, bitolas AWG 0; 00; 000; 0000 serão, respectivamente expressas por 1/0; 2/0; 3/0; 4/0.

#### 3.2.1 — Fios e cabos para linhas aéreas

Os fios e cabos usados nas linhas aéreas, nas redes urbanas de distribuição de energia elétrica, nas extensões e derivações secundárias são do tipo W.P.P.

Os fios e cabos do tipo W.P.P. não deverão ser introduzidos em eletrodutos ou instalados em forros de prédios, pois a película do composto termoplástico não possui as devidas características de isolamento, e sim, apenas uma proteção para o condutor contra as intempéries, elementos corrosivos, etc.

A fig. 3-2 mostra as diferentes bitolas dos fios e dos cabos W.P.P. e o respectivo isolamento.

Até a bitola 6, este condutor é fabricado em forma de fio. A expressão (1/4, 11) mostra que o condutor é constituído por um único fio de diâmetro 4,11 mm. Esta mesma bitola, entretanto, é fabricada em forma de cabo. A expressão (7/1,55) mostra que o condutor é constituído por 7 fios de diâmetro 1,55 mm.

Fios e Cabos WPP	Bitola AWG/MCM	Formação mm
Fios	12	1/2,05
	10	1/2,59
	8	1/3,26
	6	1/4,11
Cabos	6	7/1,55
	4	7/1,96
	2	7/2,47
	1/0	7/3,12
	2/0	19/2,13
	3/0	19/2,39
	4/0	19/2,68
	250	19/2,91
500	37/2,95	

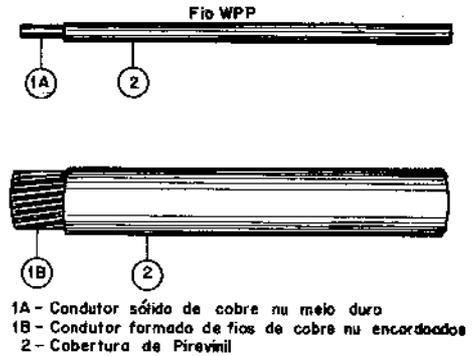


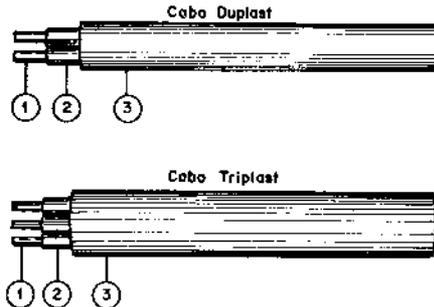
Fig. 3-2

**3.2.2 — Fios e cabos para linhas de luz e força, à vista, ao longo das paredes**

Para instalações internas, à vista, ao longo das paredes, em locais secos ou úmidos, recomenda-se o emprego de cabos com dois ou três fios com isolamento colorido, recobertos com capa protetora.

A fig. 3-3 mostra as diferentes bitolas dos cabos de dois (*Duplast*) e de três (*Triplast*) condutores, o tipo do isolamento e da capa protetora.

Cabos	Bitola Veia-AWG	Formação mm
Duplast	2 x 20	1/0,81
	2 x 18	1/1,02
	2 x 16	1/1,29
	2 x 14	1/1,63
	2 x 12	1/2,05
	2 x 10	1/2,59
2 x 8	1/3,26	
Triplast	3 x 18	1/1,02
	3 x 16	1/1,29
	3 x 14	1/1,63
	3 x 12	1/2,05
	3 x 10	1/2,59
	3 x 8	1/3,26
3 x 6	1/4,12	



- 1 - Condutor sólido de cobre nu, tempera mole
  - 2 - Isolamento de composto termoplástico polivinílico-Pirevinil
  - 3 - Capa externa de Pirevinil, cor cinza
- Cores: 2 condutores; vermelho-preto  
 3 condutores; vermelho-preto-branco

Fig. 3-3

### 3.2.3 — Fios e cabos para instalações de luz e força em prédios

Para as instalações em eletrodutos ou em linha aberta, no interior de prédios residenciais, comerciais e industriais, são recomendados os fios e cabos *Pirastic*.

A fig. 3-4 mostra as diferentes bitolas dos fios e dos cabos *Pirastic* e o tipo de isolamento. Estes condutores não possuem capa protetora.

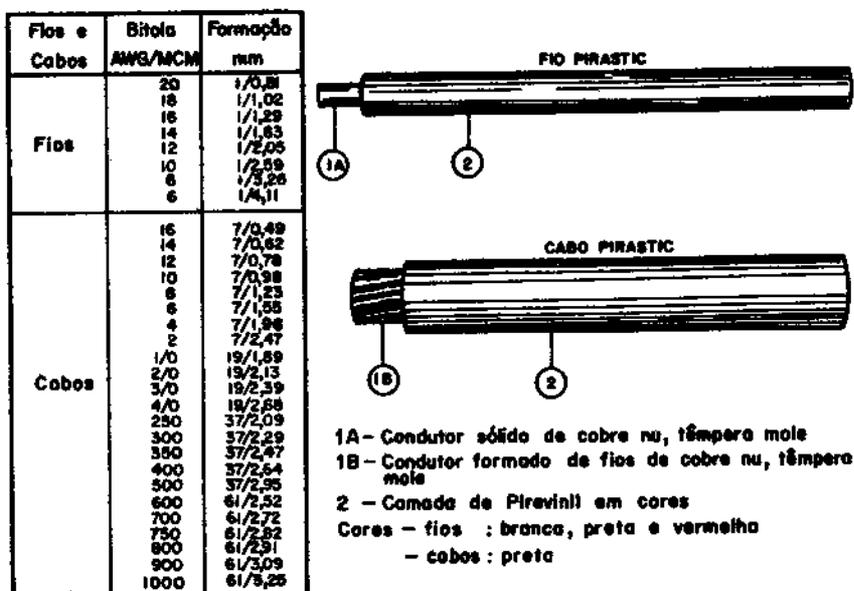


Fig. 3-4

### 3.2.4 — Fios e cabos para qualquer modalidade de instalação

Vários tipos de condutores possuem as características essenciais para serem utilizados em qualquer modalidade de instalação.

A tabela 3-2 e a fig. 3-5 mostram as diferentes composições dos cabos constituídos por um, dois, três e quatro condutores. Nessa mesma tabela estão indicadas as demais características dos referidos cabos.

1 CONDUTOR		2 CONDUTORES		3 CONDUTORES		4 CONDUTORES	
Bitola	Formação	Bitola	Formação	Bitola	Formação	Bitola	Formação
AWG/MCM	mm	AWG/MCM	mm	AWG/MCM	mm	AWG/MCM	mm
14	r- 7/0,62	2x 14	r- 7/0,62	3x 14	r- 7/0,62	4x 14	r- 7/0,62
12	r- 7/0,78	2x 12	r- 7/0,78	3x 12	r- 7/0,78	4x 12	r- 7/0,78
10	r- 7/0,98	2x 10	r- 7/0,98	3x 10	r- 7/0,98	4x 10	r- 7/0,98
8	r- 7/1,23	2x 8	r- 7/1,23	3x 8	r- 7/1,23	4x 8	r- 7/1,23
6	r- 7/1,55	2x 6	r- 7/1,55	3x 6	r- 7/1,55	4x 6	r- 7/1,55
4	r- 7/1,96	2x 4	r- 7/1,96	3x 4	r- 7/1,96	4x 4	r- 7/1,96
2	r- 7/2,47	2x 2	r- 7/2,47	3x 2	r- 7/2,47	4x 2	r- 7/2,47
1	c-18/1,75	2x 1	c-18/1,75	3x 1	c-18/1,75	4x 1	c-18/1,75
1/0	c-18/2,01	2x1/0	c-18/2,01	3x1/0	c-18/2,01	4x1/0	c-18/2,01
2/0	c-18/2,29	2x2/0	c-18/2,29	3x2/0	c-18/2,29	4x2/0	c-18/2,29
3/0	c-19/2,32	2x3/0	c-19/2,32	3x3/0	c-19/2,32	4x3/0	c-19/2,32
4/0	c-19/2,81	2x4/0	c-19/2,81	3x4/0	c-19/2,81	4x4/0	c-19/2,81
250	c-37/2,20	2x250	c-37/2,20	3x250	c-37/2,20	4x250	c-37/2,20
300	c-37/2,39	2x300	c-37/2,39	3x300	c-37/2,39	4x300	c-37/2,39
350	c-37/2,84	2x350	c-37/2,84	3x350	c-37/2,84	4x350	c-37/2,84
400	c-37/2,81	2x400	c-37/2,81	3x400	c-37/2,81	4x400	c-37/2,81
500	c-37/3,10	2x500	c-37/3,10	3x500	c-37/3,10	4x500	c-37/3,10

Condutor: r = Redondo Normal  
c = Redondo Compacto

Tabela 3-2

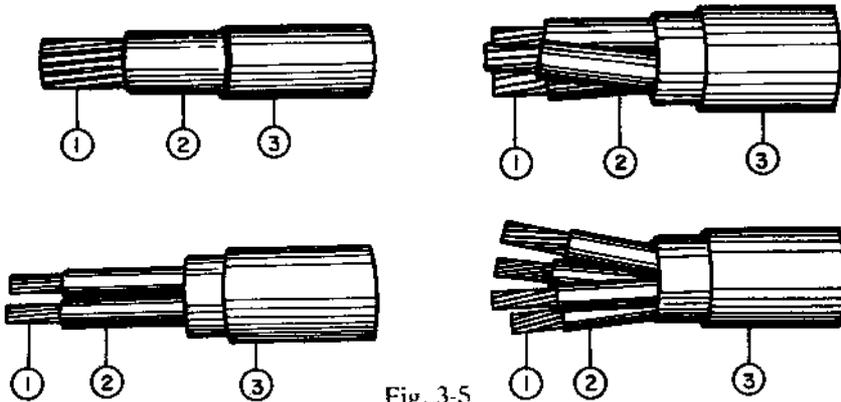


Fig. 3-5

O material empregado no isolamento define o tipo do condutor, isto é:  
Cabos butilplast para 600 V.

- 1 — Condutor formado de fios de cobre mole, estanhados
- 2 — Isolamento de borracha butílica
- 3 — Capa externa de pirevinil, cor preta

Cabos butilprene para 600 V.

- 1 — Condutor formado de fios de cobre mole, estanhados
- 2 — Isolamento de borracha butílica
- 3 — Capa externa de neoprene, cor preta

Cabos eproprene para 600 V.

- 1 — Condutor formado de fios de cobre mole, estanhados
- 2 — Isolamento de borracha etileno-propileno (EPR)
- 3 — Capa externa de neoprene, cor preta

Cabos eprotenax para 600 V.

- 1 — Condutor formado de fios de cobre mole, estanhados
- 2 — Isolamento de borracha etileno-propileno (EPR)
- 3 — Capa externa de pirevinil, cor preta

Cabos sintenax para 1.000 V.

- 1 — Condutor formado de fios de cobre nu, têmpera mole
- 2 — Isolamento de sintenax
- 3 — Capa externa de pirevinil, cor preta

### 3.2.5 — Cabos Voltalene para qualquer modalidade de instala o, inclusive diretamente no solo

Os cabos *Voltalene*, singelos ou triplex, representados na fig. 3-6, são indicados para circuitos de controle, painéis, circuitos de energia e ilumina o em edifícios comerciais, residenciais, industriais, esta es geradoras e subesta es transformadoras. Podem ser instalados ao ar livre, em canaletas, em eletrodutos met licos, em dutos ou diretamente no solo.

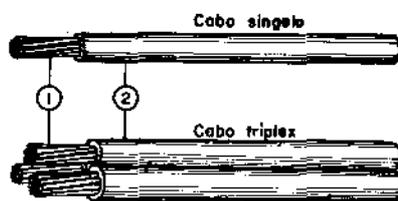


Fig. 3-6

O condutor (1)   constituído por fios de cobre nu, mole, ou de alumínio 3/4 duro.

O isolamento (2)   em polietileno reticulado e não requer capa protetora.

Os cabos *Voltalene* triplex e quadriples auto-sustentados, representados na fig. 3-7, são indicados para instala es aéreas em circuitos de energia e ilumina o em edifícios comerciais, residenciais e industriais.

O condutor (1)   constituído por fios de cobre nu, mole ou de alumínio 3/4 duro.

O condutor (2) de sustenta o (neutro)   constituído por condutores de fios de cobre nu, duro ou de fios de alumínio com alma de aço.

O isolamento (3)   em polietileno reticulado e não requer capa protetora.

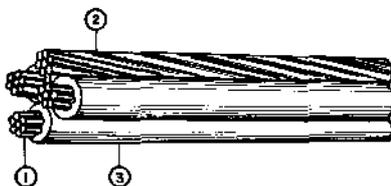


Fig. 3-7

### 3.2.6 — Cabo isolado com papel impregnado para 1.000 V

Os cabos isolados com papel impregnado são indicados para qualquer modalidade de instala o, mesmo para serem instalados diretamente no solo. A fig. 3-8 mostra o condutor singelo dos tipos *R*, *RP* e *RF*.

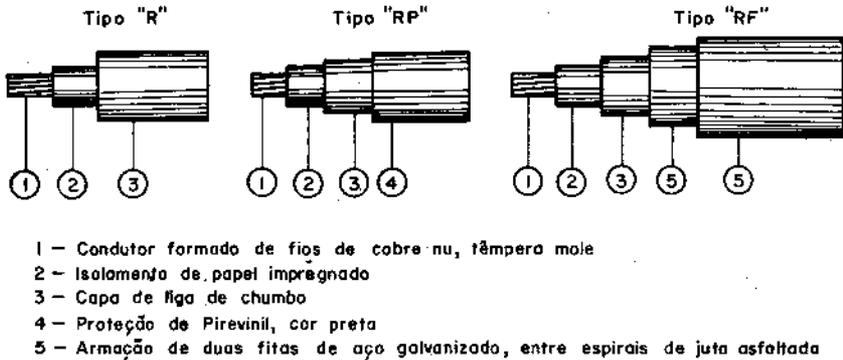


Fig. 3-8

Sua fabricação, entretanto, é feita também com três condutores, sendo que estes últimos, até a bitola 2 AWG, são redondos, conforme fig. 3-9 e, para bitolas maiores que 2 AWG, são de forma setorial, conforme fig. 3-10.

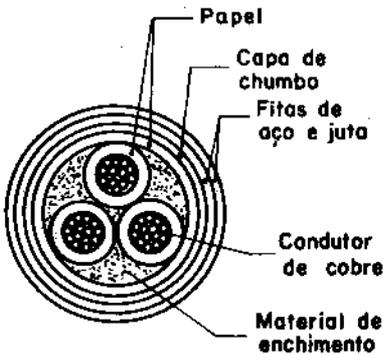


Fig. 3-9

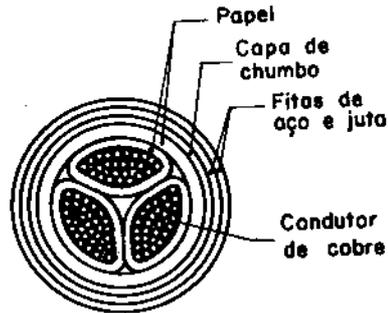
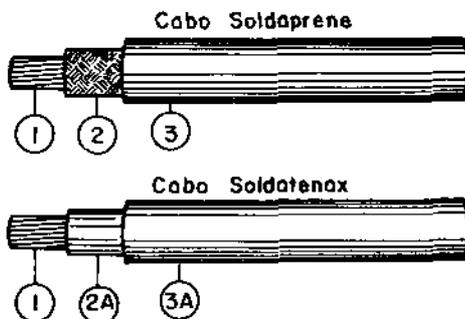


Fig. 3-10

### 3.2.7 — Cabos para solda

Os cabos de solda são utilizados para coligar o gerador aos eletrodos nas máquinas de solda elétrica. A fig. 3-11 mostra as diferentes composições dos cabos *Soldaprene* e *Soldatenax*.

Esp.ª	Formação
AWG./MCM	mm
5	323/0,255
4	418/0,255
3	532/0,255
2	666/0,255
1/0	1.036/0,255
2/0	1.332/0,255
3/0	1.673/0,321
4/0	1.342/0,321
250	1.566/0,321
300	1.861/0,321
400	2.527/0,321
500	3.192/0,321

**SOLDAPRENE**

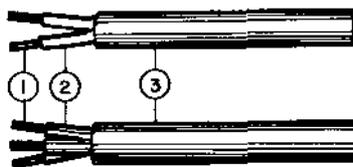
- 1- Condutor extra flexível de fios de cobre nu, têmpera mole
- 2- Trança de algodão cru
- 3- Capa de composto de neoprene isolante, na cor preta

**SOLDATENAX**

- 1- Condutor extra flexível de fios de cobre nu, têmpera mole
- 2A- Espiral de PVC
- 3A- Isolamento de Petroplast, na cor preta

Fig. 3-11

Condutor		Formação
n.º	Área	mm
AWG	mm²	
2	20	10/0,255
2	16	16/0,255
2	16	26/0,252
2	14	26/0,321
2	12	41/0,321
2	10	55/0,321
2	8	105/0,321
2	6	168/0,321
2	20	10/0,155
2	16	16/0,255
2	16	26/0,255
2	14	26/0,321
2	12	41/0,321
2	10	55/0,321
2	8	105/0,321
2	6	168/0,321
4	20	10/0,255
4	16	16/0,255
4	16	26/0,255
4	14	26/0,321
4	12	41/0,321
4	10	55/0,321
4	8	105/0,321
4	6	168/0,321

**CABO "PB"**

- 1- Condutor flexível formado de fios de cobre mole, estanhados
- 2- Isolamento de borracha sintética
- Reunião: veias torcidas
- 3- Capa externa de borracha sintética, na cor preta

**CABO "CORDAPLAST"**

- 1- Condutor flexível de fio de cobre nu, têmpera mole
- 2- Isolamento de Pirevinil flexível
- Reunião: veias torcidas (ou paralelas para dois condutores)
- 3- Capa externa de Pirevinil, na cor preta

Fig. 3-12

**3.2.8 — Cabos flexíveis para aparelhos elétricos portáteis**

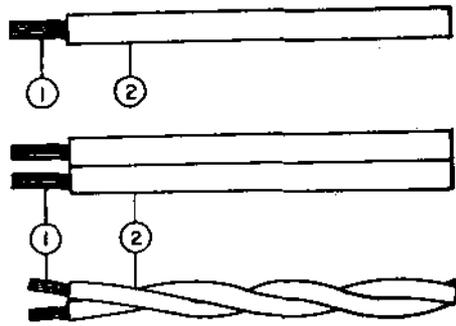
Os aparelhos elétricos portáteis como: enceradeiras, aspiradores de pó, geladeiras, ventiladores, bateadeiras, liquidificadores e outros aparelhos domésticos e de oficinas, devem ser alimentados por meio de cabos ultraflexíveis com capa de proteção resistente à abrasão, do tipo *PB* e *Cordoplast*, indicados na fig. 3-12.

**3.2.9 — Cordões flexíveis para aparelhos de iluminação**

Os aparelhos elétricos de iluminação, como quebra-luzes, pendentes, lustres e outros pequenos aparelhos elétricos portáteis, utilizam cordões flexíveis de um ou dois condutores. Os de dois condutores podem ser de veias paralelas ou veias torcidas.

A fig. 3-13 apresenta as características desses cordões.

Número de veias	Bitola AWG/MCM	Formação mm
1	16	26/0,255
1	14	26/0,321
1	12	41/0,321
1	10	65/0,321
1	8	105/0,321
2	22	7/0,255
2	20	10/0,255
2	18	16/0,255
2	16	26/0,255
2	14	26/0,321
2	12	41/0,321
2	10	65/0,321



**CORDÃO PLASTIFLEX**

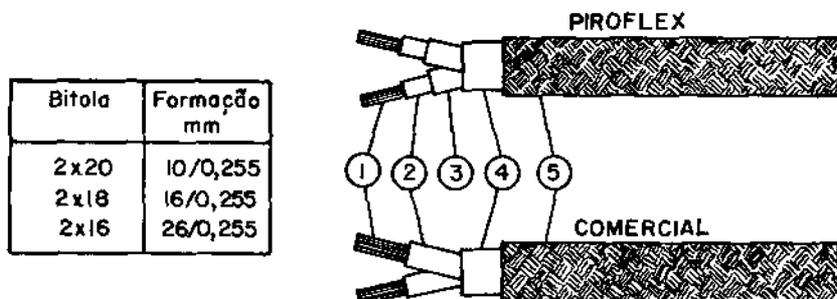
- 1 - Conductor flexível formado de fios de cobre nu, tempera mole
- 2 - Isolamento de plevinil flexível em cores

**Fig. 3-13**

**3.2.10 — Cordões para ferro de engomar**

Os ferros de engomar, os aparelhos de aquecimento e os ferros de soldar requerem condutores com isolamento resistente à temperatura elevada. Por isso, os cordões utilizados para estas finalidades devem ter isolamento de borracha sintética semivulcanizada e proteção de amianto,

apresentando-se no comércio em dois tipos diferentes, isto é: o *Piroflex* e o *Comercial*. A fig. 3-14 mostra as características destes cordões.



- 1- Condutor flexível formado com fios de cobre mole, estanhado
- 2- Isolamento de borracha sintética
- 3- Espiral de pavio de amianto sobre cada condutor
- 4- Enchimento de algodão
- 5- Trança de fios de rayon

Fig. 3-14

### 3.2.11 — Fios telefônicos

Os fios telefônicos paralelos *Drop-Wire*, possuem o condutor de bronze. A fig. 3-15 mostra as características dos mesmos.

Fio tipo	Bitola AWG	Formação mm
FEP-P	2x18	1/1,02
ELX-P <sub>0</sub>	2x18	1/1,02
FEP <sub>0</sub> -P	2x18	1/1,02
FEP-J	2x18	1/1,02

- 1- Condutor de bronze nu, duro
- 1'- Condutor de bronze estanhado, duro
- 2- Isolamento de polietileno, na cor natural
- 3- Isolamento de borracha sintética
- 4- Isolamento de PVC, na cor preta
- 5- Isolamento de polietileno, na cor preta
- 6- Capa externa de PVC, na cor preta

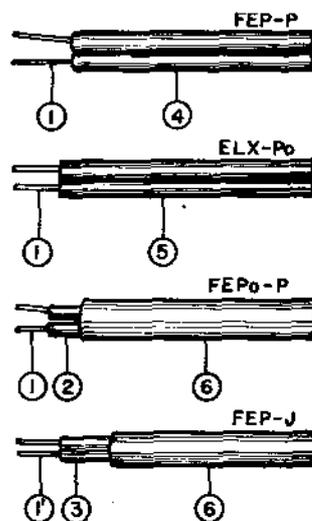
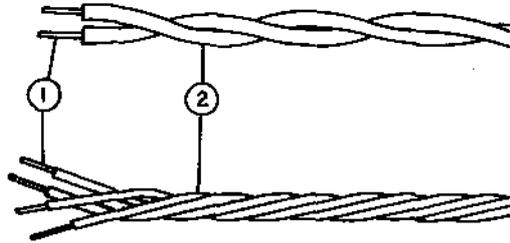


Fig. 3-15

Os fios telefônicos torcidos possuem condutor de cobre. A fig. 3-16 mostra as características dos mesmos.

Bitola AWG	Formação mm
1 x 22	1 x 0,64
2 x 22	2 x 0,64
3 x 22	3 x 0,64
4 x 22	4 x 0,64
5 x 22	5 x 0,64
1 x 24	1 x 0,51
2 x 24	2 x 0,51
3 x 24	3 x 0,51
4 x 24	4 x 0,51
5 x 24	5 x 0,51



1-Condutor de fio de cobre nu ou estanhado  
2-Isolamento de Pirevnil

Fig. 3-16

### 3.3 — DETERMINAÇÃO DA SEÇÃO DOS CABOS

A seção dos condutores deverá ser calculada de modo a atender simultaneamente aos critérios de limite de condução de corrente (NB-3; artigo 7.6) e de máxima queda de tensão permissível (NB-3; artigo 10.2), prevalecendo o critério que conduzir à maior seção.

O limite de condução de corrente, em serviço contínuo, de diversos tipos de condutores isolados, encontra-se especificado na tabela n.º 2 do Anexo 2 da Norma NB-3, nas condições de instalação nela também especificadas.

Quando forem instalados mais de três condutores em um mesmo conduto ou quando a temperatura ambiente exceder os valores prescritos, deverão ser usados os fatores de redução do limite de condução de corrente especificados na tabela n.º 3 do Anexo 2 da Norma NB-3.

A queda de tensão de uma instalação deverá ser calculada considerando-se a carga instalada e os fatores de demanda explicitamente previstos na NB-3, sob o valor nominal da tensão de serviço e até o último ponto de utilização da energia. Em circuitos parciais, a queda de tensão será considerada entre os pontos inicial e final do circuito. Os valores máximos admissíveis da queda de tensão, conforme a Norma NB-3, artigo 10.1, são os seguintes:

iluminação	: 4%
força motriz	: 5%
aquecimento	: 5%
circuito de distribuição	: 2%

Para a determinação da seção dos condutores, poderá ser seguido o esquema de cálculo que a Pirelli sugere para seus cabos *Voltalene* de baixa tensão.

### 1) *Pela capacidade de corrente*

- a) Calcular a corrente no circuito a ser projetado em função das potências de carga a serem alimentadas.

$$\text{Para sistemas trifásicos } I = \frac{P}{V \sqrt{3}}$$

$$\text{Para sistemas monofásicos } I = \frac{P}{V}$$

onde:

$P$  = potência aparente das cargas a serem alimentadas (VA)

$I$  = corrente (A)

$V$  = tensão entre os fios da linha (V)

- b) Conhecida a corrente no circuito, determina-se a seção do condutor através das tabelas 3-3 e 3-4, que tratam, respectivamente, dos condutores de cobre e de alumínio.

### 2) *Pela queda de tensão*

- a) Verificar o fim a que se destina o circuito e qual a máxima queda percentual de tensão permitida pela Norma NB-3. Desejando-o, podem-se escolher valores menores.
- b) Multiplicar a corrente (em ampères) pelo comprimento da linha (em metros).
- c) Nas tabelas 3-5 e 3-6, fixada a coluna da queda de tensão escolhida, determina-se a seção do condutor correspondente ao valor do produto "ampères x metros" calculado.

## CAPACIDADE DE CORRENTE DOS CABOS VOLTALENE PARA TENSÃO DE SERVIÇO ENTRE 0 E 5 000 V (NÃO BILINDADOS)

### CONDUTOR DE ALUMÍNIO

Temperatura no Condutor ..... 90°C  
 Temperatura Ambiente: Ao Ar Livre, em Cabaleiras e em Eletrodutos ..... 40°C  
 ..... 25°C  
 Fator de Carga ..... 100%  
 Resistividade Térmica do Terreno ..... 80°C. cm/watt

Seção Nominal	CORRENTES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS EM AMPÈRES POR CONDUTOR (A)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	AO AR LIVRE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
mm <sup>2</sup>	2,5	3,7	20	28	34	38	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	123	126	129	132	135	138	141	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183	186	189	192	195	198	201	204	207	210	213	216	219	222	225	228	231	234	237	240	243	246	249	252	255	258	261	264	267	270	273	276	279	282	285	288	291	294	297	300	303	306	309	312	315	318	321	324	327	330	333	336	339	342	345	348	351	354	357	360	363	366	369	372	375	378	381	384	387	390	393	396	399	402	405	408	411	414	417	420	423	426	429	432	435	438	441	444	447	450	453	456	459	462	465	468	471	474	477	480	483	486	489	492	495	498	501	504	507	510	513	516	519	522	525	528	531	534	537	540	543	546	549	552	555	558	561	564	567	570	573	576	579	582	585	588	591	594	597	600	603	606	609	612	615	618	621	624	627	630	633	636	639	642	645	648	651	654	657	660	663	666	669	672	675	678	681	684	687	690	693	696	699	702	705	708	711	714	717	720	723	726	729	732	735	738	741	744	747	750	753	756	759	762	765	768	771	774	777	780	783	786	789	792	795	798	801	804	807	810	813	816	819	822	825	828	831	834	837	840	843	846	849	852	855	858	861	864	867	870	873	876	879	882	885	888	891	894	897	900	903	906	909	912	915	918	921	924	927	930	933	936	939	942	945	948	951	954	957	960	963	966	969	972	975	978	981	984	987	990	993	996	999	1002	1005	1008	1011	1014	1017	1020	1023	1026	1029	1032	1035	1038	1041	1044	1047	1050	1053	1056	1059	1062	1065	1068	1071	1074	1077	1080	1083	1086	1089	1092	1095	1098	1101	1104	1107	1110	1113	1116	1119	1122	1125	1128	1131	1134	1137	1140	1143	1146	1149	1152	1155	1158	1161	1164	1167	1170	1173	1176	1179	1182	1185	1188	1191	1194	1197	1200	1203	1206	1209	1212	1215	1218	1221	1224	1227	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1248	1251	1254	1257	1260	1263	1266	1269	1272	1275	1278	1281	1284	1287	1290	1293	1296	1299	1302	1305	1308	1311	1314	1317	1320	1323	1326	1329	1332	1335	1338	1341	1344	1347	1350	1353	1356	1359	1362	1365	1368	1371	1374	1377	1380	1383	1386	1389	1392	1395	1398	1401	1404	1407	1410	1413	1416	1419	1422	1425	1428	1431	1434	1437	1440	1443	1446	1449	1452	1455	1458	1461	1464	1467	1470	1473	1476	1479	1482	1485	1488	1491	1494	1497	1500	1503	1506	1509	1512	1515	1518	1521	1524	1527	1530	1533	1536	1539	1542	1545	1548	1551	1554	1557	1560	1563	1566	1569	1572	1575	1578	1581	1584	1587	1590	1593	1596	1599	1602	1605	1608	1611	1614	1617	1620	1623	1626	1629	1632	1635	1638	1641	1644	1647	1650	1653	1656	1659	1662	1665	1668	1671	1674	1677	1680	1683	1686	1689	1692	1695	1698	1701	1704	1707	1710	1713	1716	1719	1722	1725	1728	1731	1734	1737	1740	1743	1746	1749	1752	1755	1758	1761	1764	1767	1770	1773	1776	1779	1782	1785	1788	1791	1794	1797	1800	1803	1806	1809	1812	1815	1818	1821	1824	1827	1830	1833	1836	1839	1842	1845	1848	1851	1854	1857	1860	1863	1866	1869	1872	1875	1878	1881	1884	1887	1890	1893	1896	1899	1902	1905	1908	1911	1914	1917	1920	1923	1926	1929	1932	1935	1938	1941	1944	1947	1950	1953	1956	1959	1962	1965	1968	1971	1974	1977	1980	1983	1986	1989	1992	1995	1998	2001	2004	2007	2010	2013	2016	2019	2022	2025	2028	2031	2034	2037	2040	2043	2046	2049	2052	2055	2058	2061	2064	2067	2070	2073	2076	2079	2082	2085	2088	2091	2094	2097	2100	2103	2106	2109	2112	2115	2118	2121	2124	2127	2130	2133	2136	2139	2142	2145	2148	2151	2154	2157	2160	2163	2166	2169	2172	2175	2178	2181	2184	2187	2190	2193	2196	2199	2202	2205	2208	2211	2214	2217	2220	2223	2226	2229	2232	2235	2238	2241	2244	2247	2250	2253	2256	2259	2262	2265	2268	2271	2274	2277	2280	2283	2286	2289	2292	2295	2298	2301	2304	2307	2310	2313	2316	2319	2322	2325	2328	2331	2334	2337	2340	2343	2346	2349	2352	2355	2358	2361	2364	2367	2370	2373	2376	2379	2382	2385	2388	2391	2394	2397	2400	2403	2406	2409	2412	2415	2418	2421	2424	2427	2430	2433	2436	2439	2442	2445	2448	2451	2454	2457	2460	2463	2466	2469	2472	2475	2478	2481	2484	2487	2490	2493	2496	2499	2502	2505	2508	2511	2514	2517	2520	2523	2526	2529	2532	2535	2538	2541	2544	2547	2550	2553	2556	2559	2562	2565	2568	2571	2574	2577	2580	2583	2586	2589	2592	2595	2598	2601	2604	2607	2610	2613	2616	2619	2622	2625	2628	2631	2634	2637	2640	2643	2646	2649	2652	2655	2658	2661	2664	2667	2670	2673	2676	2679	2682	2685	2688	2691	2694	2697	2700	2703	2706	2709	2712	2715	2718	2721	2724	2727	2730	2733	2736	2739	2742	2745	2748	2751	2754	2757	2760	2763	2766	2769	2772	2775	2778	2781	2784	2787	2790	2793	2796	2799	2802	2805	2808	2811	2814	2817	2820	2823	2826	2829	2832	2835	2838	2841	2844	2847	2850	2853	2856	2859	2862	2865	2868	2871	2874	2877	2880	2883	2886	2889	2892	2895	2898	2901	2904	2907	2910	2913	2916	2919	2922	2925	2928	2931	2934	2937	2940	2943	2946	2949	2952	2955	2958	2961	2964	2967	2970	2973	2976	2979	2982	2985	2988	2991	2994	2997	3000	3003	3006	3009	3012	3015	3018	3021	3024	3027	3030	3033	3036	3039	3042	3045	3048	3051	3054	3057	3060	3063	3066	3069	3072	3075	3078	3081	3084	3087	3090	3093	3096	3099	3102	3105	3108	3111	3114	3117	3120	3123	3126	3129	3132	3135	3138	3141	3144	3147	3150	3153	3156	3159	3162	3165	3168	3171	3174	3177	3180	3183	3186	3189	3192	3195	3198	3201	3204	3207	3210	3213	3216	3219	3222	3225	3228	3231	3234	3237	3240	3243	3246	3249	3252	3255	3258	3261	3264	3267	3270	3273	3276	3279	3282	3285	3288	3291	3294	3297	3300	3303	3306	3309	3312	3315	3318	3321	3324	3327	3330	3333	3336	3339	3342	3345	3348	3351	3354	3357	3360	3363	3366	3369	3372	3375	3378	3381	3384	3387	3390	3393	3396	3399	3402	3405	3408	3411	3414	3417	3420	3423	3426	3429	3432	3435	3438	3441	3444	3447	3450	3453	3456	3459	3462	3465	3468	3471	3474	3477	3480	3483	3486	3489	3492	3495	3498	3501	3504	3507	3510	3513	3516	3519	3522	3525	3528	3531	3534	3537	3540	3543	3546	3549	3552	3555	3558	3561	3564	3567	3570	3573	3576	3579	3582	3585	3588	3591	3594	3597	3600	3603	3606	3609	3612	3615	3618	3621	3624	3627	3630	3633	3636	3639	3642	3645	3648	3651	3654	3657	3660	3663	3666	3669	3672	3675	3678	3681	3684	3687	3690	3693	3696	3699	3702



# QUEDA DE TENSÃO DOS CABOS VOLTALENE BAIXA TENSÃO

## TRIPLEX AUTO-SUSTENTADO - SISTEMA MONOFÁSICO

110 V 220 V		1% 0,5%	2% 1%	3% 1,5%	4% 2%	5% 2,5%	6% 3%	7% 3,5%	8% 4%	9% 4,5%	10% 5%
Seção Nominal		ampères x metros									
mm <sup>2</sup>	AWG	CONDUTOR DE COBRE									
5,3	10	168	330	485	660	825	990	1155	1320	1485	1650
8,4	8	260	520	780	1040	1300	1560	1820	2080	2340	2600
13	6	385	770	1155	1540	1925	2310	2700	3090	3480	3870
21	4	610	1220	1830	2440	3050	3660	4270	4880	5490	6100
34	2	940	1880	2820	3760	4700	5640	6580	7520	8460	9400
53	1/0	1410	2820	4230	5640	7050	8460	9870	11280	12690	14100
67	2/0	1720	3440	5160	6880	8600	10320	12040	13760	15480	17200
CONDUTOR DE ALUMÍNIO											
5,3	8	160	320	475	635	795	955	1115	1270	1430	1590
13	6	245	490	735	975	1220	1465	1710	1950	2195	2440
21	4	385	770	1160	1550	1935	2320	2710	3095	3485	3870
34	2	615	1225	1840	2450	3060	3670	4280	4890	5500	6110
42	1	745	1490	2235	2980	3725	4470	5215	5960	6705	7450
53	1/0	920	1840	2760	3680	4600	5520	6440	7370	8290	9210
67	2/0	1145	2285	3430	4570	5715	6860	8005	9145	10285	11430
85	3/0	1705	3410	5115	6815	8520	10225	11930	13635	15335	17040
107	4/0	1965	3925	5890	7850	9815	11780	13740	15700	17665	19630

TABELA 3-5

## QUADRUPLIX AUTO-SUSTENTADO-SISTEMA TRIFÁSICO

220 V 440 V		1% 0,5%	2% 1%	3% 1,5%	4% 2%	5% 2,5%	6% 3%	7% 3,5%	8% 4%	9% 4,5%	10% 5%
Seção Nominal		ampères x metros									
mm <sup>2</sup>	AWG	CONDUTOR DE COBRE									
5,3	10	380	760	1140	1520	1900	2280	2660	3040	3420	3800
8,4	8	595	1190	1785	2380	2975	3570	4165	4760	5355	5950
13	6	910	1820	2730	3640	4550	5460	6370	7280	8190	9100
21	4	1415	2830	4245	5660	7075	8490	9905	11320	12735	14150
34	2	2170	4340	6510	8680	10850	13020	15190	17360	19530	21700
53	1/0	3290	6520	9780	13040	16300	19560	22820	26080	29340	32600
67	2/0	3980	7960	11940	15920	19900	23880	27860	31840	35820	39800
CONDUTOR DE ALUMÍNIO											
5,3	8	265	535	800	1070	1335	1600	1870	2135	2405	2670
13	6	390	780	1170	1560	1950	2340	2730	3120	3510	3900
21	4	590	1180	1770	2360	2950	3540	4130	4720	5310	5900
34	2	915	1830	2745	3660	4575	5490	6405	7320	8235	9150
42	1	1100	2200	3300	4400	5500	6600	7700	8800	9900	11000
53	1/0	1365	2730	4095	5460	6825	8190	9555	10920	12285	13650
67	2/0	1680	3360	5040	6720	8400	10080	11760	13440	15120	16800
85	3/0	2460	4920	7380	9840	12300	14760	17220	19680	22140	24600
107	4/0	2835	5670	8505	11340	14175	17010	19845	22680	25515	28350

TABELA 3-6

Observação: Os valores tabelados baseiam-se nos parâmetros:

- temperatura no condutor: 85°C
- fator de potência da carga: 80%

## Capítulo 4

### 4.1 — INSTALAÇÕES EM ELETRODUTOS RÍGIDOS

Os condutores das instalações elétricas prediais devem ser colocados em tubos especiais, chamados eletrodutos. Os eletrodutos, conforme sua estrutura, podem ser rígidos ou flexíveis.

O eletroduto rígido, conforme fig. 4-1, é um tubo de ferro rígido, inteiriço, cujo comprimento é, em geral, de três metros, apresentando as duas extremidades rosqueadas.

Os eletrodutos rígidos são designados de acordo com a bitola específica da tabela n.º 6 do Anexo 2 da Norma NB-3.

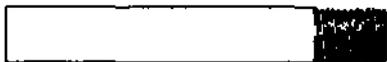


Fig. 4-1

A bitola específica corresponde ao diâmetro interno do eletroduto.

Os acessórios, isto é, as luvas, as curvas, buchas e arruelas são especificadas pela bitola do eletroduto.

As instalações embutidas em lajes, paredes e pisos, deverão ser feitas exclusivamente em eletroduto rígido.

Nas redes de eletrodutos rígidos, embutidos ou expostos, não deverão ser empregados eletrodutos com bitola menor do que 1/2, conforme tabelas n.º 7, 8 e 9 do Anexo 2 da Norma NB-3.

Em caso de corte ou de emenda dos eletrodutos rígidos, observar as seguintes prescrições:

Os eletrodutos rígidos só deverão ser cortados perpendicularmente ao seu eixo, abrindo-se nova rosca na extremidade a ser aproveitada e retirando-se cuidadosamente todas as rebarbas deixadas nas operações de corte e de abertura de rosca.

O corte do eletroduto pode ser feito por meio de corta-tubos, fig. 4-2 no qual a alavanca *a* tem a finalidade de regular a ação dos roletes de corte. A operação é executada conforme fig. 4-3.

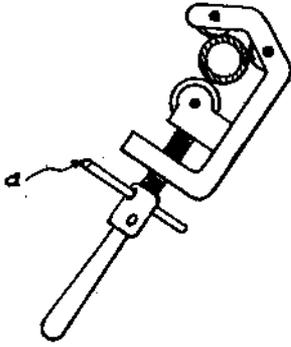


Fig. 4-2

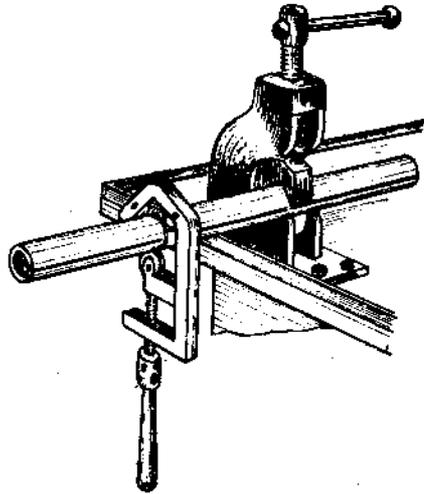


Fig. 4-3

O corte do eletroduto poderá também ser feito por meio da serra para metais, conforme fig. 4-4 ou, ainda, por meio de uma lima triangular, conforme fig. 4-5. Após aprofundar convenientemente o rasgo, apóia-se o eletroduto na bancada, conforme fig. 4-6, e, por meio de pressão manual, separam-se as duas partes, conforme fig. 4-7.

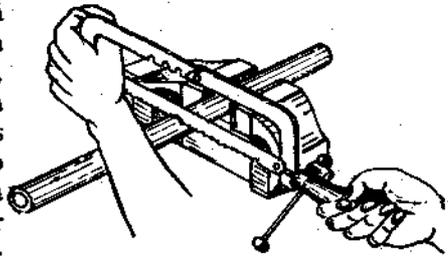


Fig. 4-4



Fig. 4-5

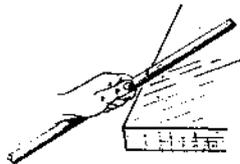


Fig. 4-6

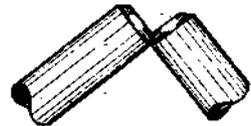


Fig. 4-7

As rebarbas internas e externas podem ser retiradas com o emprego da lima, conforme fig. 4-8, ou de escareadores, conforme fig. 4-9.

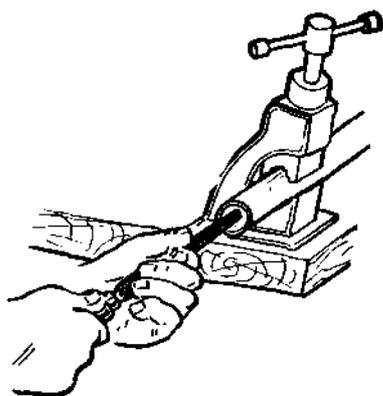


Fig. 4-8

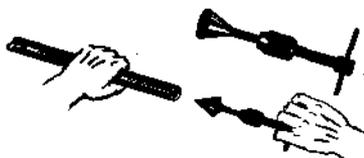


Fig. 4-9

A rosca na extremidade do eletroduto é aberta por meio de tarraxas providas de cossinete correspondente à bitola do eletroduto. A operação realiza-se introduzindo a ponta do eletroduto, conforme fig. 4-10, assegurando-se que o plano da tarraxa esteja a  $90^\circ$  com o eletroduto e completando a operação, conforme fig. 4-11.

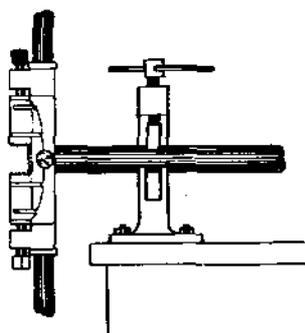


Fig. 4-10

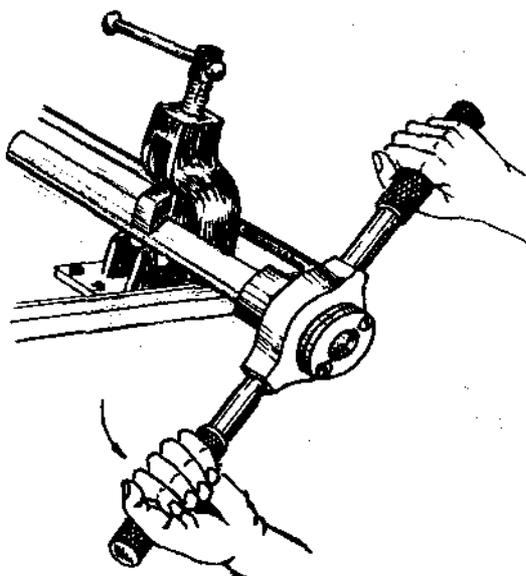


Fig. 4-11

A emenda dos eletrodutos rígidos é feita por meio de luva, conforme fig. 4-12, atarraxada em ambas as extremidades a serem ligadas, as quais serão introduzidas na luva até se tocarem, conforme fig. 4-13, para assegurar continuidade da superfície interna da canalização.

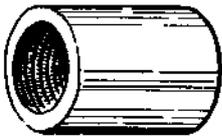


Fig. 4-12

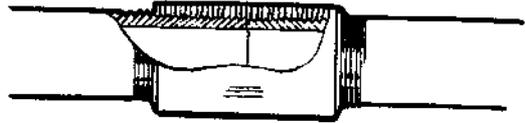


Fig. 4-13

A fixação dos eletrodutos rígidos às caixas de ligação é feita por meio de bucha, fig. 4-14, e arruelas, fig. 4-15.

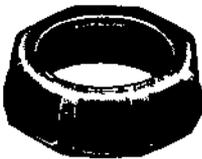
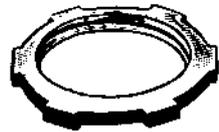


Fig. 4-14



1/2" ø 3/4"



1" ou maior

Fig. 4-15

A disposição da caixa com eletroduto preso por meio de bucha e porca está representada na fig. 4-16. Esta se realiza colocando a porca no eletroduto, antes de introduzir este no furo da caixa, conforme fig. 4-17. Regula-se a altura em que a porca deve ficar e coloca-se a bucha, conforme fig. 4-18, apertando-a, conforme fig. 4-19.

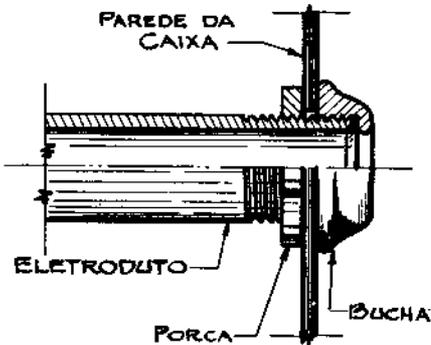


Fig. 4-16

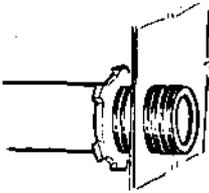


Fig. 4-17

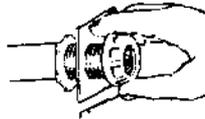


Fig. 4-18

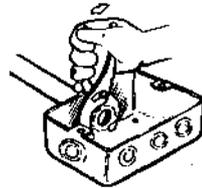


Fig. 4-19

Os eletrodutos de bitola inferior a 1" podem ser curvados a frio, com o devido cuidado para não se danificar a pintura do revestimento e não se reduzir sensivelmente a seção interna do mesmo. Os raios das curvas a serem realizadas não devem ser menores do que os valores especificados na tabela n.º 10 do Anexo 2 da Norma NB-3.

As curvas nos eletrodutos são facilmente realizáveis, utilizando uma alavanca constituída por um tubo de ferro galvanizado que tenha, numa das extremidades, uma junta em "T", conforme fig. 4-20. Seu emprego está ilustrado nas figs. 4-21 e 4-22.



Fig. 4-20



Fig. 4-21



Fig. 4-22

Moldes em ferro fundido, do tipo indicado na fig. 4-23, quando usados em combinação com a morça, conforme figs. 4-24 e 4-25, permitem economizar tempo e obter bons resultados.

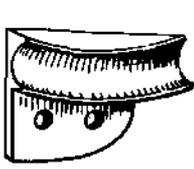


Fig. 4-23

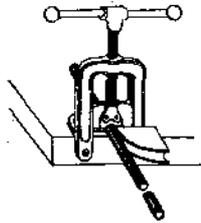


Fig. 4-24

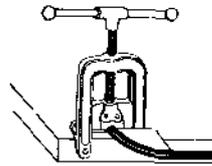


Fig. 4-25

Para eletrodutos rígidos, com bitola maior que 1", deverão ser usadas curvas pré-fabricadas, que serão especificadas pela bitola do eletroduto rígido correspondente.

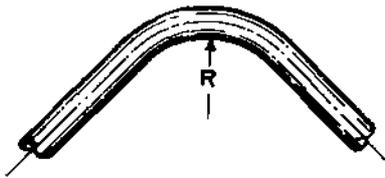


Fig. 4-26

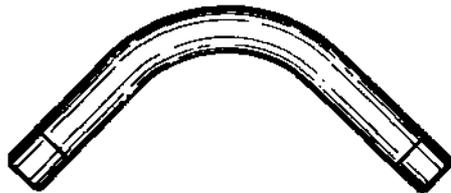


Fig. 4-27

As curvas executadas diretamente no eletroduto, fig. 4-26, e as pré-fabricadas, fig. 4-27, não devem ter deflexão superior a 90°.

A emenda da curva ao eletroduto é feita com luvas, apertando bem, a fim de assegurar a perfeita continuidade elétrica, vedação e resistência mecânica.

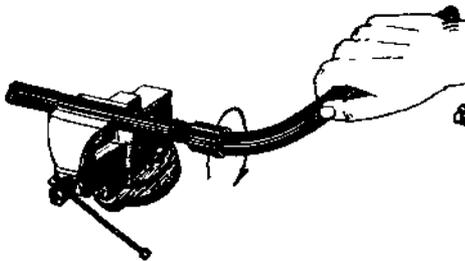


Fig. 4-28

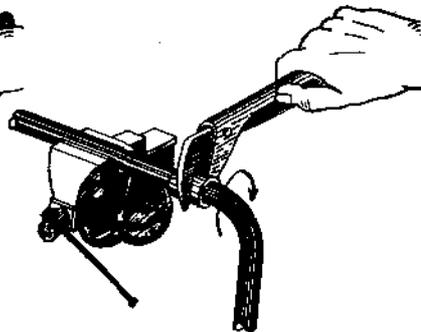


Fig. 4-29

As figs. 4-28 e 4-29 mostram o processo de emenda de uma curva a um eletroduto, inicialmente por meio de aperto manual e, por fim, com a chave de cano.

Ao longo da canalização de eletrodutos, deverão ser utilizadas caixas nos seguintes casos:

- em todos os pontos de entrada e saída de condutores da canalização
- em todos os pontos de emenda ou derivação dos condutores
- em todos os pontos de instalação de aparelhos e dispositivos
- para dividir a canalização em trechos não maiores que os especificados no parágrafo 14.7.3 da Norma NB-3 da ABNT.

A colocação das caixas, ao longo da canalização, obedece ao exposto nos parágrafos 14.7.1 a 14.7.4 da Norma NB-3 da ABNT, podendo, entretanto, ser resumido nas prescrições indicadas na fig. 4-30, extraída da Série Metódica do SENAI-DN.

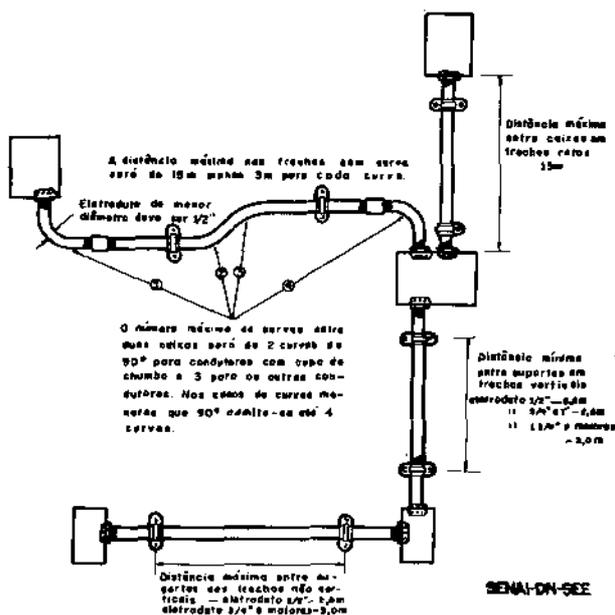


Fig. 4-30

As caixas são fabricadas com chapa de ferro n.º 18 ou n.º 16, dependendo de seu tamanho e finalidade. O formato, a grossura da chapa, o número de discos removíveis obedecem ao exposto na Norma PB-23 da ABNT.

Quanto ao formato, as caixas podem ser classificadas conforme indicado a seguir:

- Caixa quadrada 4 x 4 - duas orelhas
- Caixa quadrada 4 x 4 - quatro orelhas
- Caixa retangular 4 x 2
- Caixa retangular 4 x 6
- Caixa quadrada 5 x 5
- Caixa octogonal 3 x 3
- Caixa octogonal 4 x 4 - fundo móvel

Os furos, destinados à introdução dos eletrodutos nas caixas, são fechados por discos facilmente removíveis. No fundo da caixa há furos destinados à fixação da mesma em superfície de madeira.

A fig. 4-31 mostra uma caixa retangular de 4 x 2. As figs. 4-32 e 4-33 mostram, respectivamente, uma caixa quadrada com duas orelhas e uma caixa octogonal.

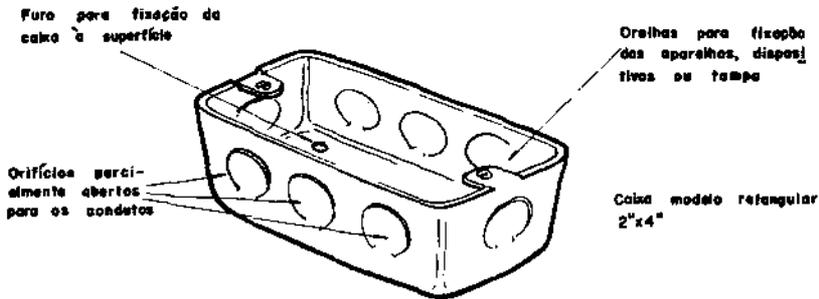


Fig. 4-31



Fig. 4-32



Fig. 4-33



Fig. 4-34

A fig. 4-34 representa uma tampa de redução 4 x 4 para 4 x 2, que tem a finalidade de permitir a montagem de um interruptor ou uma tomada na caixa de 4 x 4.

As caixas de ligação e as de passagem devem ser fechadas com tampas de ferro esmaltado, dos tipos indicados na fig. 4-35. A tampa A destina-se à caixa retangular, as tampas B e C a caixas quadradas e a tampa D a caixas octogonais.

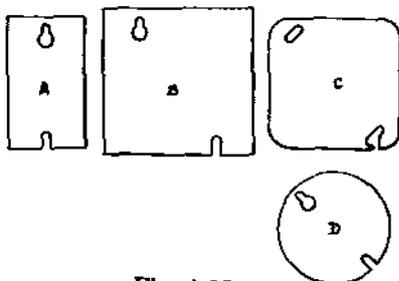


Fig. 4-35

No decorrer da construção de um prédio, a rede de eletrodutos rígidos é colocada no devido lugar antes da concretagem das lajes, conforme fig. 4-36. Os eletrodutos verticais e respectivas caixas deverão ser colocados em rasgos apropriados, conforme fig. 4-37.

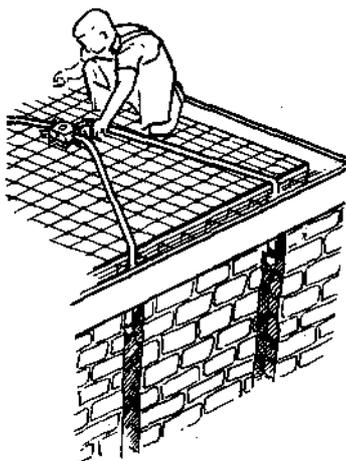


Fig. 4-36

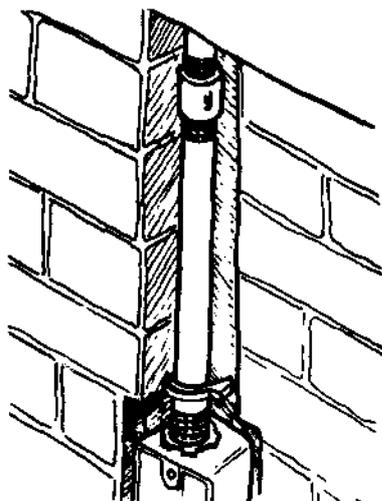


Fig. 4-37

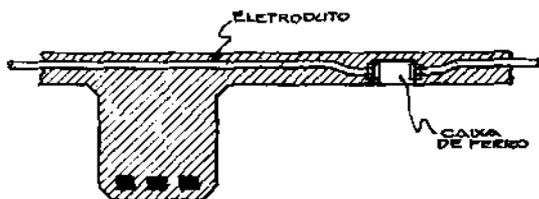


Fig. 4-38

Após a concretagem, o conjunto de caixa e eletrodutos está solidamente embutido na estrutura, conforme fig. 4-38.

A fixação embutida das caixas às paredes e tetos de madeira é feita por meio de travessão, conforme fig. 4-39.

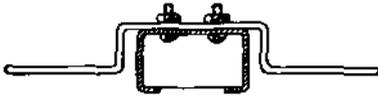


Fig. 4-39

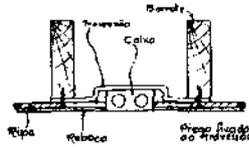


Fig. 4-40

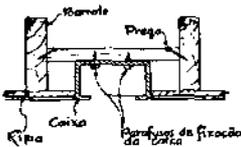


Fig. 4-41

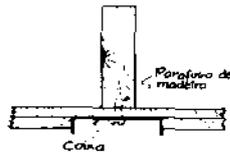


Fig. 4-42

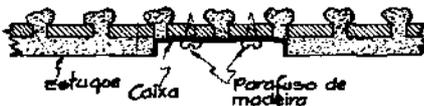


Fig. 4-43

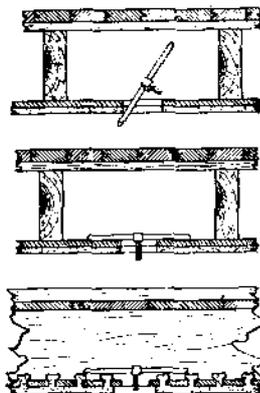


Fig. 4-44

Em tetos e paredes de madeira, o travessão é fixado aos barrotes, conforme fig. 4-40. Pode, entretanto, ser utilizada a fixação indicada na fig. 4-41.

Se a instalação for à vista, isto é, não embutida, a caixa pode ser presa a um barrote, conforme fig. 4-42, ou presa a uma ripa, conforme fig. 4-43. Se o aparelho a ser preso à caixa for pesado, é conveniente que o esforço seja distribuído sobre várias ripas, o que é possível utilizando-se um travessão. A colocação do travessão é feita obedecendo à seqüência indicada na fig. 4-44.

A fixação de caixas nas paredes de alvenaria e de concreto se faz por meio de parafusos atarraxados em buchas secas embutidas. As buchas podem ser de madeira ou de matéria plástica.

O furo é executado com uma broca especial de furar parede, com diâmetro apropriado, conforme fig. 4-45. A seguir, se introduz no furo a bucha, conforme fig. 4-46. Ao se atarraxar o parafuso de fixação da caixa, a bucha dilata-se, ficando presa com segurança.

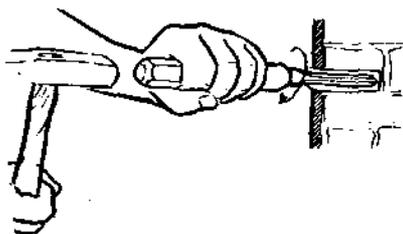


Fig. 4-45

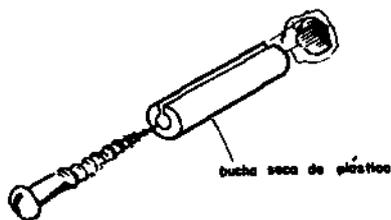


Fig. 4-46

Para caixas pesadas, destinadas a chaves de grande porte, usam-se buchas reforçadas de madeira. Neste caso, o furo na parede pode ser feito com um cano denteado, conforme fig. 4-47.



Fig. 4-47

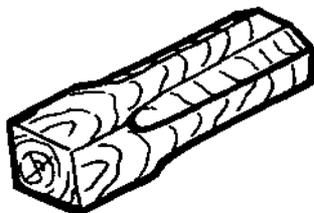


Fig. 4-48

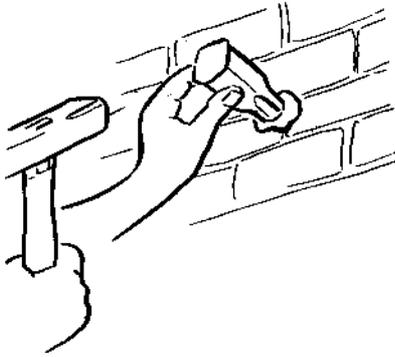


Fig. 4-49

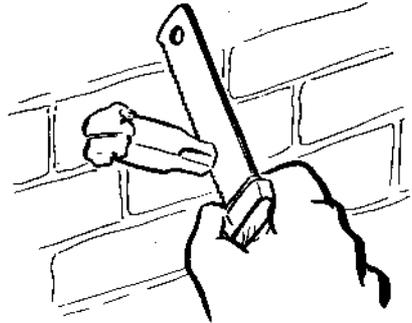


Fig. 4-50

Introduz-se no furo uma bucha de madeira com dimensões convenientes, conforme figs. 4-48 e 4-49, cortando-se a parte excedente, conforme fig. 4-50.

A fig. 4-51 mostra uma caixa presa à bucha em parede de concreto. Em certos casos, no lugar de buchas, prefere-se utilizar tacos de madeira, conforme fig. 4-52.



Fig. 4-51

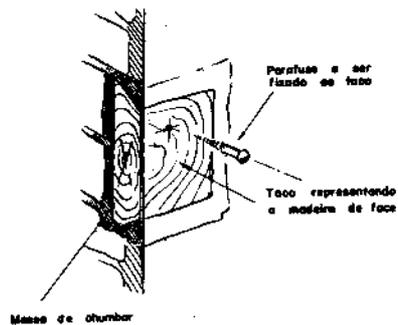


Fig. 4-52

A fixação dos eletrodutos à vista, em paredes, é feita por meio das braçadeiras representadas nas figs. 4-53, 4-54 e 4-55.



Fig. 4-53



Fig. 4-54



Fig. 4-55

A fixação dos eletrodutos em vigas é feita com garras e braçadeiras, conforme figs. 4-56, 4-57 e 4-58.

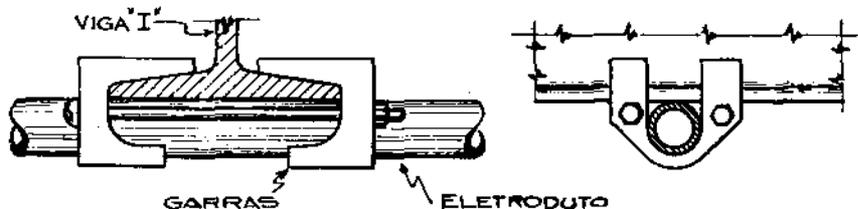


Fig. 4-56

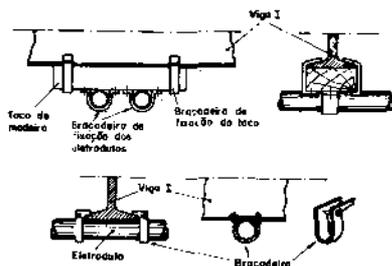


Fig. 4-57

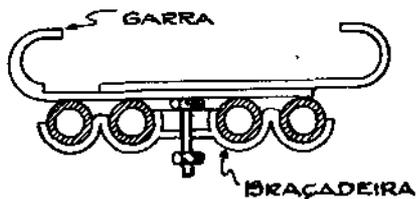


Fig. 4-58

A fixação de eletrodutos em vigas de concreto, pode ser feita por meio do dispositivo indicado na fig. 4-59.

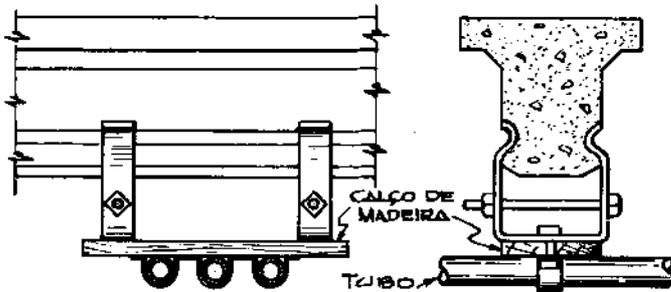


Fig. 4-59

#### 4.2 — INSTALAÇÕES EM ELETRODUTOS FLEXÍVEIS DE FERRO

Deverão ser empregados eletrodutos flexíveis nas extensões feitas nas instalações em eletrodutos rígidos, para a ligação de motores e outros aparelhos fixos sujeitos a vibrações. O emprego dos eletrodutos flexíveis é regulamentado pela seção 15 da Norma NB-3 da ABNT.

O eletroduto flexível é formado por uma fita metálica enrolada em hélice, com as bordas reviradas e encaixadas, de modo a não permitir a separação de duas voltas consecutivas. O eletroduto flexível tem seção circular e seu aspecto é o indicado na fig. 4-60.



Fig. 4-60

Poderão ser empregados eletrodutos flexíveis nos casos em que não seja obrigatório o emprego de eletrodutos rígidos e nos trechos das instalações compreendidos entre as instalações fixas e os aparelhos que ocasionalmente precisam ser deslocados.

Não deverão ser empregados eletrodutos flexíveis: nas instalações embutidas; nos locais perigosos; nas partes externas dos edifícios ou em partes expostas ao tempo.

As extremidades dos eletrodutos flexíveis deverão ser providas de conectores que impeçam a danificação dos condutores e permitam sua fixação às caixas.

O conector usualmente empregado é o representado na fig. 4-61.

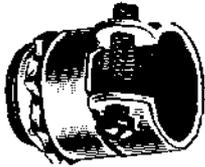


Fig. 4-61

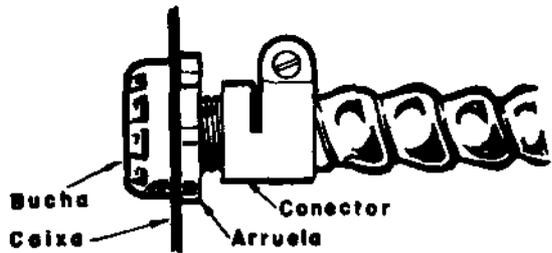


Fig. 4-62

A fixação do conector à caixa é feita conforme fig. 4-62.

Os eletrodutos flexíveis constituirão trechos contínuos de caixa à caixa, não devendo ser emendados.

As curvas nos eletrodutos flexíveis serão feitas de modo a não se reduzir sua seção interna e a não produzir aberturas entre as espiras de que são eles formados.

Os raios das curvas não devem ser menores do que 12 vezes o diâmetro externo do eletroduto.

As curvas devem ser presas com firmeza às superfícies de apoio, para que não se deformem durante a enfição dos condutores.

A fixação dos eletrodutos flexíveis é feita com as mesmas braçadeiras utilizadas para os eletrodutos rígidos, conforme fig. 4-63.

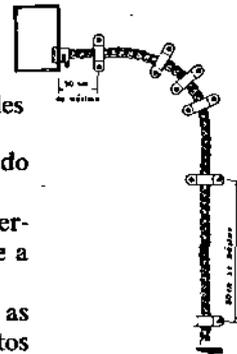


Fig. 4-63

A distância máxima entre as braçadeiras deve ser de 80 centímetros. O corte do eletroduto flexível deve ser feito com a serra para metais, devendo esta última estar a  $45^\circ$ , aproximadamente, com o eletroduto, conforme fig. 4-64, para garantir o corte transversal da fita enrolada.

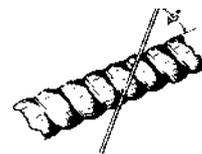


Fig. 4-64

### 4.3 — DUTOS TERMOPLÁSTICOS

O emprego dos dutos termoplásticos polivinílicos (PVC) nas instalações elétricas é possível, devendo porém, em cada caso, ter aprovação dos órgãos

competentes locais. O emprego destes dutos obedece ao exposto na seção 17 da Norma NB-3.

O emprego destes dutos pode ser de três classes distintas, isto é:

**Classe I:** — para uso geral, inclusive embutido em peças e partes estruturais das construções.

**Classe II:** — para uso embutido em paredes ou outras partes da construção, quando a instalação for feita após a execução da parte construtiva, em construções residenciais de alvenaria com o máximo de 2 pavimentos.

**Classe III:** — somente para uso exposto.

#### 4.3.1 — Método Classe I

O método Classe I atende às seguintes condições gerais:

- a — os dutos devem ter resistência mecânica pelo menos equivalente a dos eletrodutos rígidos de ferro;
- b — os dutos devem formar uma rede contínua;
- c — emprego de um condutor "terra", independente do condutor do sistema ligado à terra, o qual interliga as partes metálicas dos dispositivos da instalação (caixas, interruptores, tomadas e congêneres) suscetíveis de serem tocados pelos seus utilizadores;
- d — a rede deve apresentar condições satisfatórias para fácil enfição e desenfiação dos condutores.

#### 4.3.2 — Método Classe II

O método Classe II atende às seguintes condições gerais:

- a — a resistência mecânica dos dutos deve ser compatível com os esforços mecânicos que podem advir;
- b — não sendo satisfatória a proteção à "prova do prego", a rede deve desenvolver-se unicamente em trechos verticais ou horizontais, cujo traçado resulte evidente pela posição dos dispositivos (caixas, interruptores e congêneres) da instalação;
- c — a proteção dos condutores deve satisfazer às condições das alíneas c, d do método Classe I.

#### 4.3.3 — Método Classe III

O método Classe III atende às seguintes condições:

- a — emprego de proteção adicional com resistência mecânica adequada para proteção de esforços provenientes de choques acidentais;

Nos eletrodutos rígidos, só deverão ser enfiados condutores isolados para 600 volts, com isolamento plástico. Os condutores à prova de tempo e os cordões flexíveis não deverão ser usados em eletrodutos.

Todos os condutores do mesmo circuito deverão ser instalados no mesmo eletroduto.

Não deverão ser instalados mais de 9 condutores no mesmo eletroduto, exceto nos circuitos exclusivamente para sinalização e controle. (Ver tabelas n.º 12 e 13 do Anexo 2 da Norma NB-3.)

A seção máxima da área da seção transversal interna dos eletrodutos rígidos, que poderá ser ocupada por condutores (inclusive isolamento e cobertura exterior), encontra-se especificada na tabela n.º 14 do Anexo 2 da Norma NB-3.

Os condutores deverão formar trechos contínuos de caixa à caixa; as emendas e derivações deverão ficar colocadas dentro das caixas. Não deverão ser enfiados em eletrodutos condutores emendados ou cujo isolamento tenha sido danificado e recomposto com fita isolante.

#### 4.5 — INSTALAÇÕES EM LINHA ABERTA

Poderão ser feitas instalações em linha aberta no interior de edifícios, nos casos em que não seja obrigatório o emprego de eletrodutos, nem explicitamente proibido o emprego de linha aberta, e quando os condutores não ficam expostos a danificações produzidas por agentes externos.

Em consequência, as instalações em linha aberta não deverão ser executadas a alturas inferiores a 3 metros em relação ao piso, excetuando-se os casos em que a linha seja fixada diretamente ao forro de compartimentos com pé direito de, no mínimo, 2,5 metros. Os condutores que, por qualquer motivo, tenham de descer abaixo desse limite, deverão ser convenientemente protegidos, na forma da alínea *f* do parágrafo 16.3.1 da Norma NB-3 da ABNT.

Não deverão ser empregadas instalações em linhas abertas nos seguintes casos:

- a) nos lugares úmidos, nos ambientes corrosivos e nas localidades perigosas;
- b) em teatros, cinemas, auditórios e semelhantes;
- c) nos poços dos elevadores.

Nas instalações em linha aberta deverão ser empregados condutores com isolamento para 600 volts.

Os condutores à prova de tempo, cuja capa protetora não deve ser considerada como isolamento, os cordões flexíveis e os condutores nus não devem ser empregados em instalações em linha aberta.

Os condutores deverão ser fixados a isoladores constituídos por material não combustível e não absorvente de umidade.

Os isoladores utilizados nessas instalações são os de tipo roldana, fig. 4-73 e os "clites", fig. 4-74.



Fig. 4-73

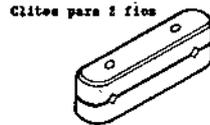
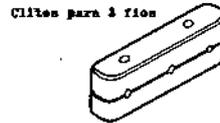


Fig. 4-74

Os isoladores deverão ser fixados às superfícies de montagem por meio de parafusos, não sendo permitida tal fixação por meio de pregos, grampos ou dispositivos semelhantes. As figs. 4-75 e 4-76 mostram o processo de fixação desses isoladores.

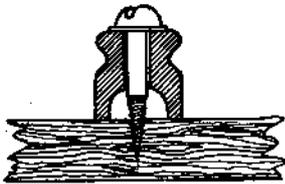


Fig. 4-75

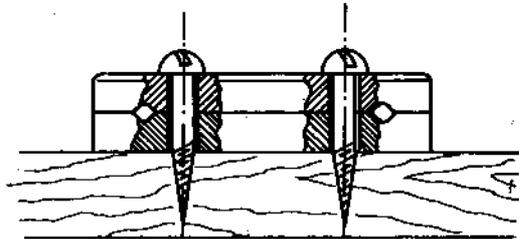


Fig. 4-76

A instalação dos condutores obedece às prescrições do parágrafo 16.3.1 da Norma NB-3 da ABNT, que são as seguintes:

- a) nas instalações sobre paredes ou quaisquer outras superfícies, os condutores só terão contato com os respectivos isoladores, mantendo-se permanentemente os seguintes afastamentos:

<i>Tensão nominal</i> volts	<i>Condutores</i> <i>entre si</i> mm	<i>Entre condutores e</i> <i>superfície de montagen</i> <i>ou objetos estranhos</i> mm
até 300	60	12
de 300 a 600	100	25

Para a tensão nominal até 300 volts, a disposição dos condutores está representada na fig. 4-77.

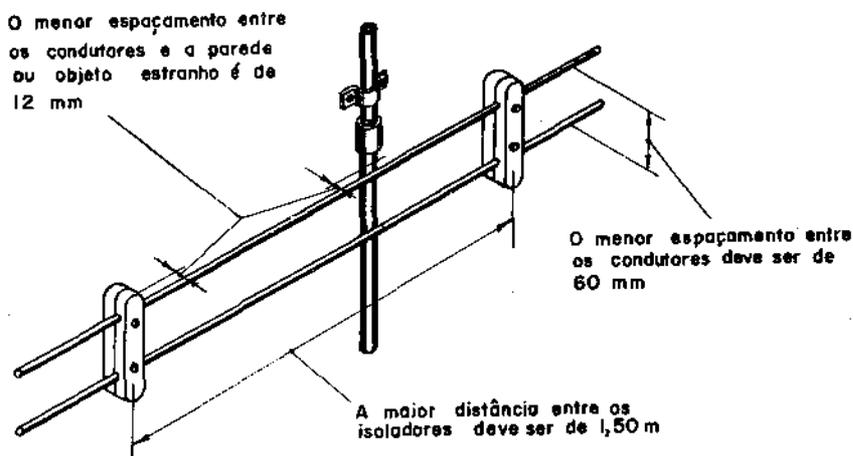


Fig. 4-77

- b) os condutores devem ficar bem esticados entre os isoladores. O afastamento máximo entre os isoladores será de 1,50 metros nos trechos retilíneos (fig. 4-77) e nos pequenos desvios da linha. Nos desvios maiores que  $30^\circ$  serão usados dois isoladores afastados de aproximadamente 10 cm entre si, um antes e outro depois do desvio (fig. 4-78).

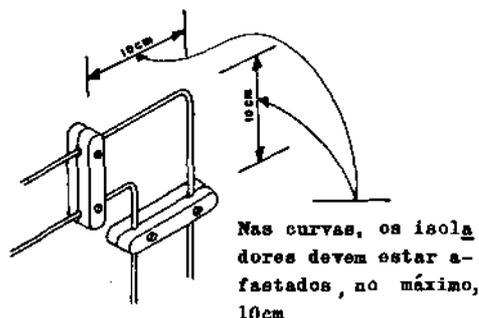


Fig. 4-78

- c) as emendas e derivações dos condutores serão feitas conforme prescrito no artigo 7.9 da Norma NB-3 da ABNT. As derivações serão sempre contidas entre isoladores, afastados aproximadamente de 10 centímetros entre si, tanto na linha principal como nas derivações, conforme fig. 4-79.

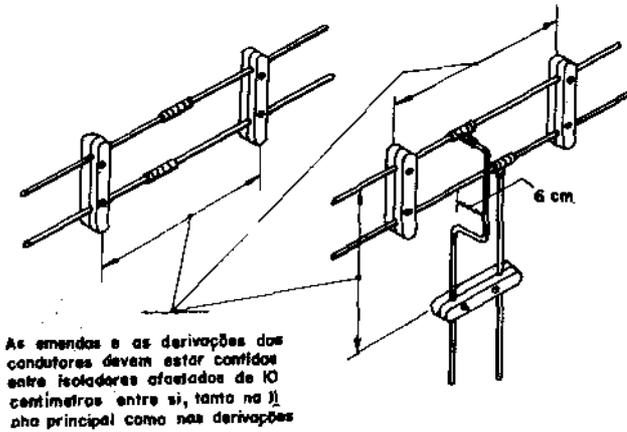


Fig. 4-79

- d) os cruzamentos de condutores serão protegidos contra contatos acidentais pela colocação de isoladores próximos entre si, em ambas as linhas, de modo a assegurar permanentemente o afastamento mínimo prescrito na alínea *a* acima;
- f) as descidas dos condutores para interruptores, tomadas e congêneres, bem como as travessias dos condutores de um pavimento para outro, serão dotadas de proteção mecânica.

Os condutores são presos aos "clites" pela própria pressão dos parafusos de fixação, conforme fig. 4-80.



Fig. 4-80

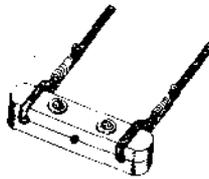


Fig. 4-81

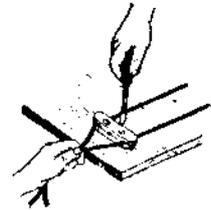


Fig. 4-82

Nos isoladores terminais, as pontas dos condutores devem ser amarradas, conforme fig. 4-81.

Os isoladores terminais e os intermediários, além de fixar os condutores, devem manter a linha bem esticada. Por isso, ao se apertarem os parafusos de fixação, devem-se esticar os condutores, conforme fig. 4-82.

Utilizando-se isoladores tipo roldana, é necessário, primeiro, fixá-los no devido lugar para depois prender os condutores aos mesmos, conforme fig. 4-83.

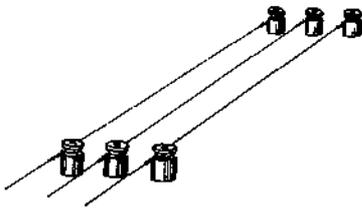


Fig. 4-83

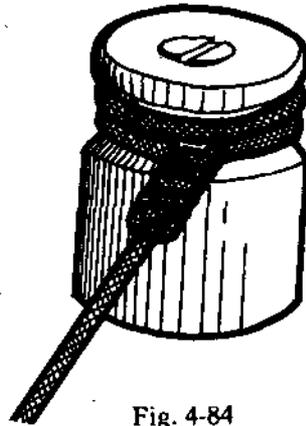


Fig. 4-84

O condutor é amarrado ao isolador terminal, conforme fig. 4-84, utilizando a ponta do próprio condutor. A amarração do condutor ao isolador intermediário é feita utilizando-se um pedaço de condutor, conforme fig. 4-85.

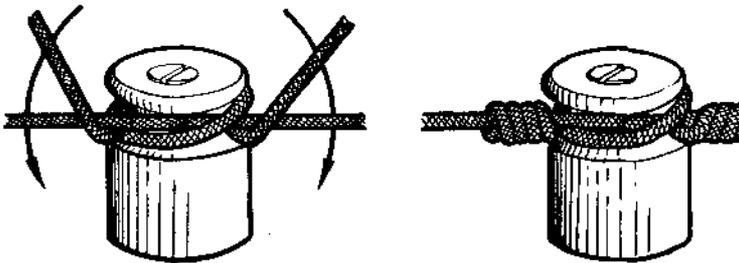


Fig. 4-85

Se o condutor deve atravessar uma parede fina, deverá ser mecanicamente protegido por meio de um tubo isolante, conforme fig. 4-86. Se a parede de madeira for espessa, devem ser usados dois tubos, conforme fig. 4-87. Se a parede for de alvenaria, é conveniente utilizar um pedaço de eletroduto e dois tubos, conforme fig. 4-88.



Fig. 4-86



Fig. 4-87



Fig. 4-88

## Capítulo 5

### 5.1 — EMENDAS E DERIVAÇÕES DE CONDUTORES

As emendas e derivações dos condutores deverão ser executadas, conforme artigo 7.9 da Norma NB-3 da ABNT, assegurando resistência mecânica adequada e contato elétrico perfeito. Poderão ser utilizados conectores apropriados ou recorrer-se à solda de estanho, sendo esta última aplicável apenas a condutores de cobre recozido e não sujeito à tensão mecânica.

O isolamento das emendas e derivações deverá ter características equivalentes às dos condutores usados.

Para se emendar, derivar ou ligar um condutor é preciso retirar o isolamento de sua ponta no comprimento necessário, conforme fig. 5-1.



Fig. 5-1

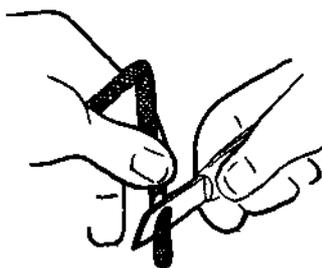


Fig. 5-2



Fig. 5-3

A retirada do isolante é, geralmente, feita com canivete, utilizado da mesma forma de quando se aponta um lápis, conforme fig. 5-2. Se o entalhe for feito perpendicularmente ao isolamento, corre-se o risco de ferir o próprio fio, conforme fig. 5-3, que, enfraquecido, poderá partir-se.

A emenda de condutores das linhas abertas efetua-se conforme indica a seqüência das figs. 5-4 e 5-5, apertando-se as espiras com auxílio de alicate, soldando-se em seguida e cobrindo a emenda com fita isolante.

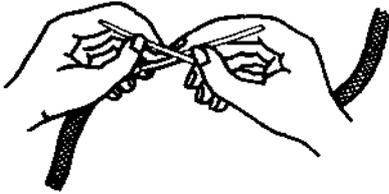


Fig. 5-4

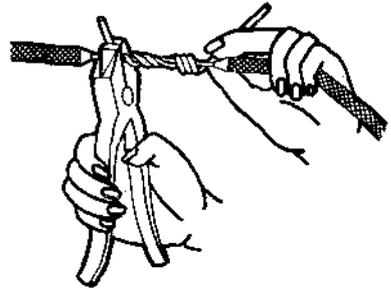


Fig. 5-5

A emenda de condutores que convergem numa caixa é feita conforme a seqüência indicada nas figs. 5-6 e 5-7, apertando-se bem as espiras, soldando e isolando a emenda.

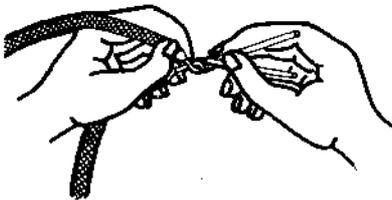


Fig. 5-6

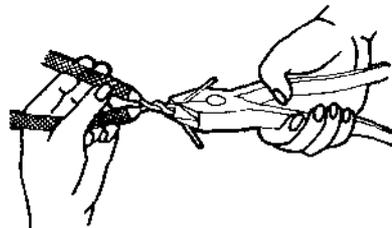


Fig. 5-7

A emenda de fios grossos (bitola maior que a n.º 12) é feita ligando-se as pontas dos condutores com fio de cobre fino e soldando o conjunto, conforme fig. 5-8. A fig. 5-9 mostra uma emenda devidamente isolada com fita isolante.



Fig. 5-8



Fig. 5-9

As emendas dos condutores podem ser feitas também por meio de conectores especiais do tipo indicado na fig. 5-10. Uma das seções deste conector é vista em corte na fig. 5-11.

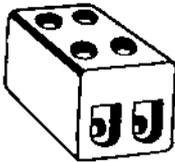


Fig. 5-10

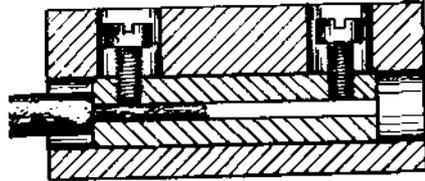


Fig. 5-11

A fig. 5-12 mostra o conector bipolar emendando cabos de duas veias recobertos com capa protetora de chumbo ou PVC.

A fig. 5-13 mostra o mesmo conector emendando os condutores de uma instalação em linha aberta com cabo de duas veias recoberto com capa protetora de chumbo ou PVC.

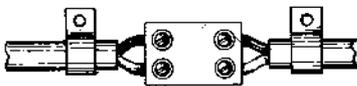


Fig. 5-12

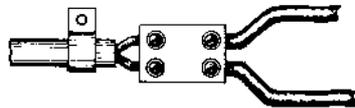


Fig. 5-13

A emenda de cabos é feita conforme a seqüência das figs. 5-14 a 5-19.

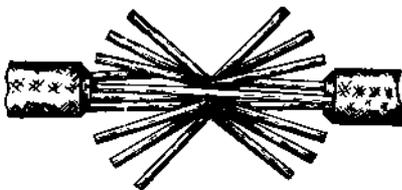


Fig. 5-14

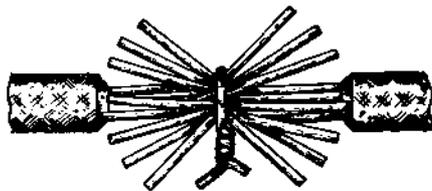


Fig. 5-15

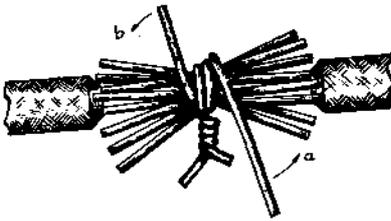


Fig. 5-16



Fig. 5-17



Fig. 5-18



Fig. 5-19

A emenda de condutores de diâmetro grande ou de cabos pode ser feita também com conectores do tipo indicado na fig. 5-20. A pressão exercida pelos parafusos garante resistência mecânica e bom contato elétrico, dispensando a solda.

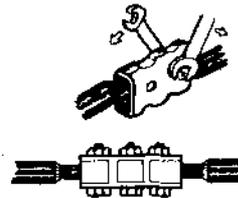


Fig. 5-20

As derivações de fios com seção igual ou menor que a do n.º 12 AWG são feitas conforme fig. 5-21. As derivações de fios mais grossos que os de bitola n.º 12 são feitas conforme fig. 5-22.



Fig. 5-21



Fig. 5-22

Um condutor pode ser derivado de um cabo, operando conforme indicam as figs. 5-23 e 5-24.

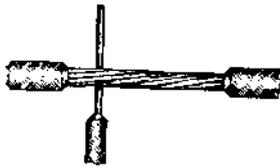


Fig. 5-23



Fig. 5-24

Um cabo pode ser derivado de outro, operando conforme indicam as figs. 5-25 e 5-26.

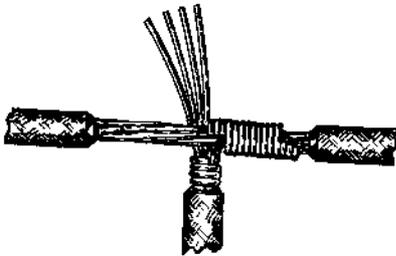


Fig. 5-25



Fig. 5-26

Cabos grossos podem ser emendados e derivados por meio do conector indicado na fig. 5-27. A pressão da porca assegura resistência mecânica e bom contato elétrico dispensando a solda.



Fig. 5-27

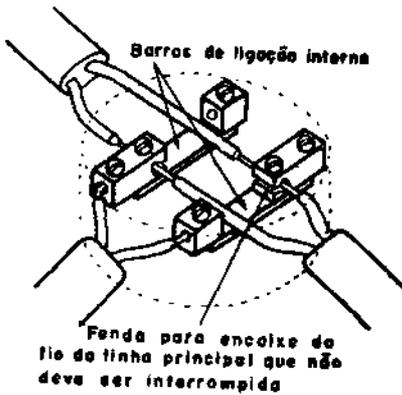


Fig. 5-28

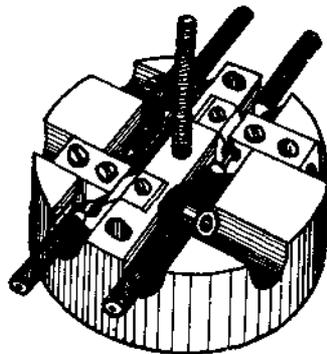


Fig. 5-29

Os fios de seção igual ou menor que a do n.º 12 AWG podem ser derivados utilizando o dispositivo esquematicamente representado na fig. 5-28. Os condutores da linha principal não devem ser cortados, pois é suficiente desencapá-los e introduzi-los nas fendas correspondentes, conforme fig. 5-29.

Os condutores derivados são introduzidos nos furos de fixação, conforme fig. 5-30. Tanto os condutores da linha principal como os condutores derivados são fixados por meio de parafusos.

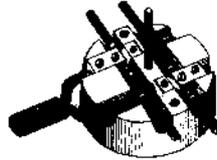


Fig. 5-30

### 5.2 — LIGAÇÃO DOS CONDUTORES AOS BORNES

A ligação dos condutores aos bornes dos aparelhos e dispositivos deverá ser feita de modo a obedecer o artigo 7.10 da Norma NB-3 da ABNT, isto é, deve assegurar resistência mecânica adequada, contato elétrico perfeito e permanente.

Os fios de seção igual ou menor do que a do n.º 8 AWG poderão ser ligados diretamente aos bornes, sob pressão de parafusos. Quando a ligação é feita por meio de argola, conforme fig. 5-31, a mesma deverá ser colocada de forma que ao se apertar o parafuso não se abra a argola, fig. 5-32.

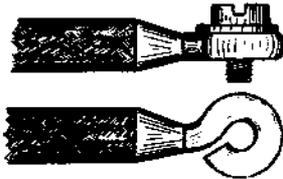


Fig. 5-31



Fig. 5-32

Os cabos e cordões flexíveis de seção igual ou menor do que a do n.º 10 AWG poderão ser ligados diretamente aos bornes, com as pontas dos condutores previamente endurecidas com solda de estanho.

Os condutores de seção maior do que as acima especificadas serão ligados por meio de terminais adequados. A fig. 5-33 mostra a seqüência para soldar-se um terminal na ponta de um condutor ou de um cabo.

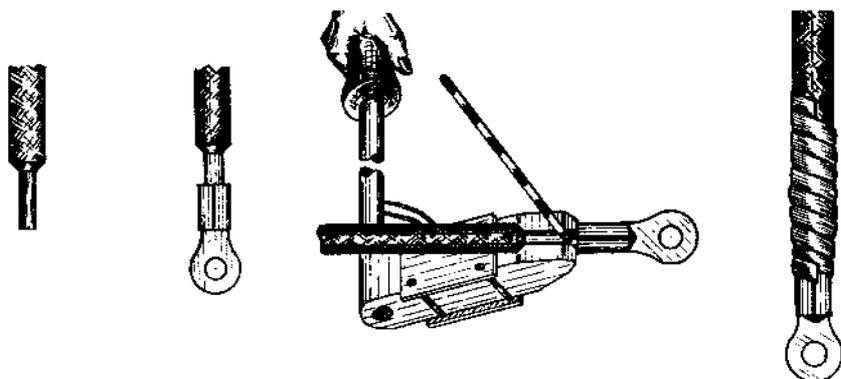


Fig. 5-33

### 5.3 — LIGAÇÃO DE CONDUTORES A PINOS E A TOMADAS

Os cordões flexíveis, recobertos com cadaço tubular, requerem uma amarração prévia ao retirar-se o isolamento das pontas, conforme seqüência da fig. 5-34.

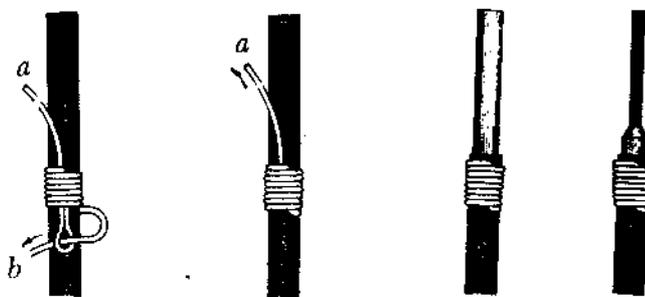


Fig. 5-34

Para que não se transmita qualquer esforço às pontas dos condutores ligados aos bornes, os aparelhos possuem dispositivos de fixação do cordão.

Quando o aparelho não possuir este dispositivo, usa-se efetuar um nó na ponta do cordão, conforme fig. 5-35.

A ligação de um cordão flexível a um pino redondo comum se faz conforme fig. 5-36.

A ligação de um cordão flexível a um pino desmontável é feita conforme a seqüência da fig. 5-37.

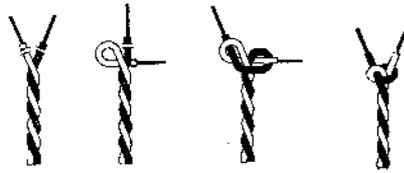


Fig. 5-35

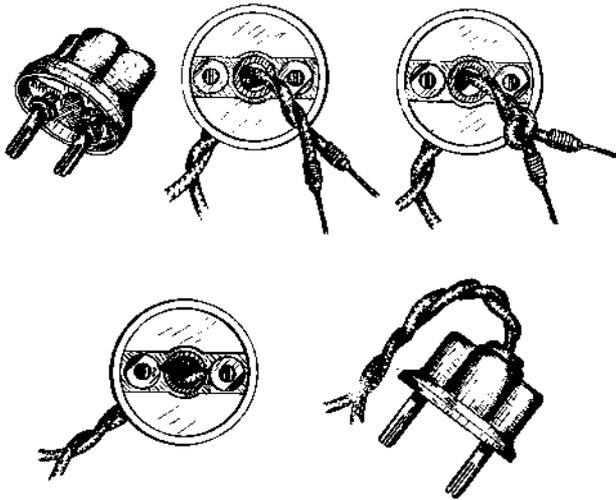


Fig. 5-36

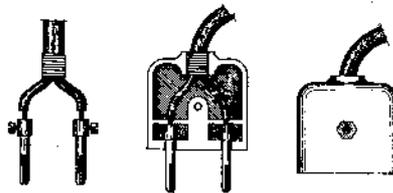


Fig. 5-37

A ligação de um cordão flexível a uma tomada desmontável é feita conforme fig. 5-38.

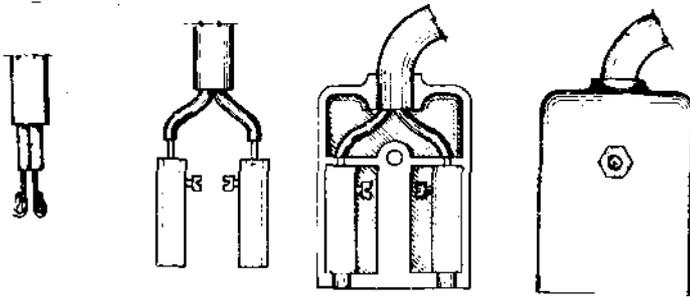


Fig. 5-38

A ligação do cordão à tomada do ferro de engomar é feita conforme fig. 5-39.

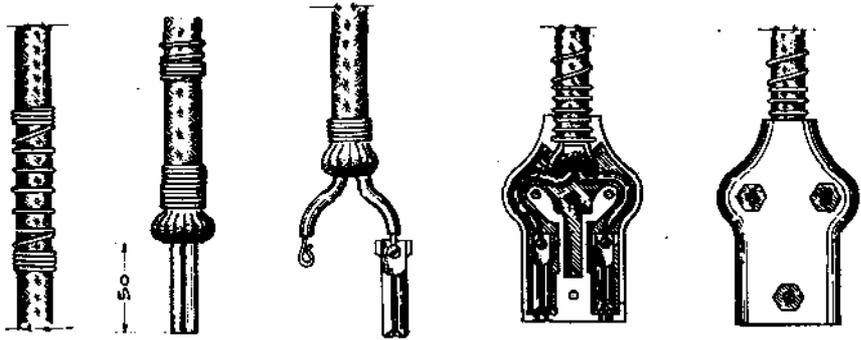


Fig. 5-39

## Capítulo 6

### 6.1 — APARELHOS DE ILUMINAÇÃO

A iluminação elétrica é feita por meio de lâmpadas. Existem vários tipos de lâmpadas elétricas: de incandescência, de vapor de mercúrio, de vapor de sódio, de gás néon e fluorescentes. Neste capítulo será estudada a mais simples, que é a incandescente.

O funcionamento da lâmpada incandescente baseia-se no aquecimento que sofre um condutor quando atravessado pela corrente elétrica. O condutor, que se aquece até a incandescência, produzindo luz, chama-se filamento, podendo ser de carvão ou metálico. O filamento metálico de tungstênio é o mais usado.

A estrutura da lâmpada incandescente está representada na fig. 6-1.

Para evitar a oxidação do filamento aquecido, é necessário extrair o ar do bulbo, formando vácuo, ou introduzir-se nesse um gás inerte, isto é, um gás que não se combine quimicamente com o metal do filamento, sendo comum o uso de uma mistura de argônio e nitrogênio.

A fabricação das lâmpadas, em geral, obedece ao seguinte critério:

- até 25 watts, com vácuo
- de 25 a 40 watts, com vácuo ou gás inerte
- mais que 40 watts, com gás inerte

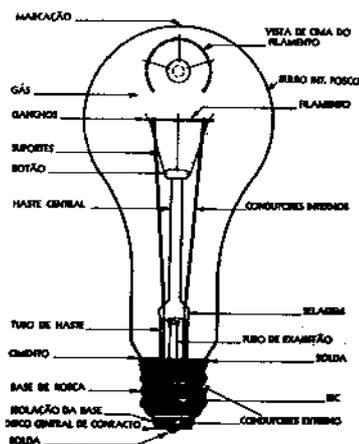


Fig. 6-1

O bulbo de cristal, capaz de resistir a elevadas temperaturas, podendo ser transparente ou translúcido, conforme a necessidade, não deve possuir poros, a fim de evitar a infiltração de ar. O bulbo deve possuir resistência mecânica capaz de suportar as manipulações a que está sujeito.

O filamento, que alcança temperaturas compreendidas entre 2.090 e 2.480° C, é constituído de tungstênio, porque este metal possui elevado ponto de fusão, alta temperatura de volatilização, grande resistência mecânica, dureza e, além disso, não fica plástico quando aquecido.

O filamento deve ocupar o menor espaço possível, para que se reduza ao mínimo o volume da lâmpada. Esta redução é possível utilizando-se filamento enrolado em dupla espiral, conforme fig. 6-2.

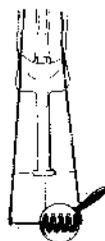


Fig. 6-2

Com o emprego do filamento em dupla espiral, verifica-se concentração de calor em espaço restrito, obtendo-se o brilho desejado com uma corrente de menor intensidade da que deveria ser empregada com um filamento liso.

A inserção de uma lâmpada num circuito elétrico é feita por meio de receptáculos, que podem apresentar diferentes formatos, mas que estruturalmente são constituídos conforme indica a fig. 6-3. O corpo de porcelana *a* serve de suporte ao aro roscado de latão *b*, eletricamente ligado ao borne *c*, e ao contato central *d*, eletricamente ligado ao borne *e*.

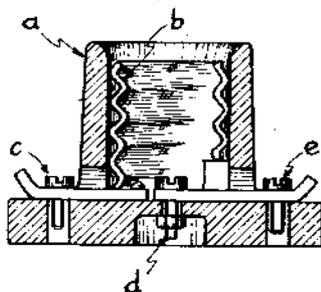


Fig. 6-3

Existem três tipos de receptáculos, diferenciados pelo tipo de rosca do aro, conforme indica a fig. 6-4.

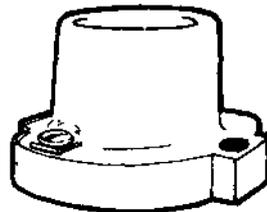
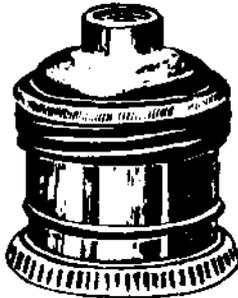
Mignonette  
Rosca E-10Mignon  
Rosca E-14Normal  
Rosca E-27

Fig. 6 - 4

Quando há necessidade de cobrir-se a lâmpada com globo, tulipa ou quebra-luz, utiliza-se o soquete. A fig. 6-5 mostra um soquete simples com montagem roscada.



Soquete  
Fig. 6-5

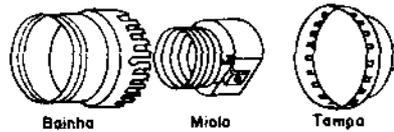


Fig. 6-6

A fig. 6-6 mostra um soquete simples com montagem por pressão.

A seqüência da fig. 6-7 mostra a ligação e montagem de um soquete com interruptor.

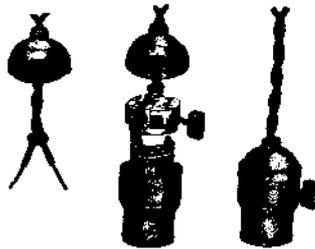


Fig. 6-7

Nos depósitos, cozinhas e outras dependências, onde a estética não é essencial, a suspensão do soquete é feita com cordão flexível, preso a um dispositivo simples chamado *roseta de suspensão*.

A roseta de suspensão, conforme fig. 6-8, é constituída de duas partes. A base, que é fixada ao teto, possui dois contatos elásticos *a*, tendo cada um deles um parafuso ao qual se liga o fio da instalação.

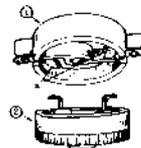


Fig. 6-8

Os contatos elásticos possuem uma forma especial que lhe permite segurar a tampa através dos contatos desta.

O engate dos contatos da tampa nos da base é feito por meio de introdução e torção. Uma vez verificado o engate dos contatos, a tampa fica

presa à base e pode suportar, com segurança, o peso do cordão, soquete, lâmpada e tulipa.

A fig. 6-9 mostra a seqüência de manipulações destinadas a prender o cordão flexível à tampa e engatar esta última na base da roseta de suspensão.

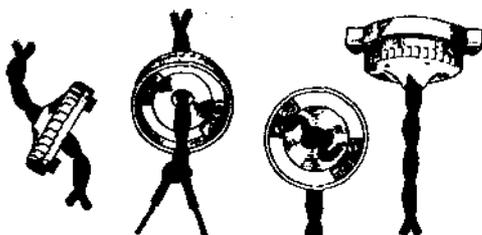


Fig. 6-9

Para encobrir as lâmpadas e evitar o ofuscamento, usam-se vários tipos de globos e tulipas, conforme fig. 6-10.



Fig. 6-10

A adaptação dos globos e das tulipas aos soquetes é feita por meio de aranha, conforme fig. 6-11. As aranhas possuem três parafusos, que, ao serem apertados, penetram na garganta da tulipa ou do globo, fixando-os.



Fig. 6-11

Os aparelhos de iluminação com lâmpada incandescente, presos diretamente no teto, são chamados de *plafonniers*. Compõem-se de um globo de vidro ou cristal fosco e uma base. O globo é preso à base por meio de três parafusos, que penetram na garganta de fixação do globo.

A base *a* do *plafonnier* é, conforme fig. 6-12, provida da barra *b*, geralmente cravada ou soldada, que possui dois rasgos, através dos quais passam os parafusos de fixação. O furo central da barra serve à fixação do receptáculo, o que é feito por meio de um parafuso.

A fig. 6-13 mostra todas as partes componentes de um *plafonnier*.

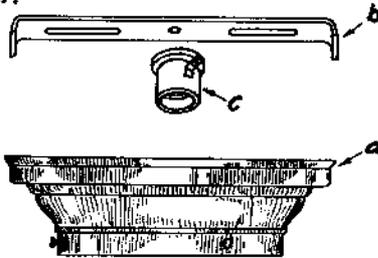


Fig. 6-12

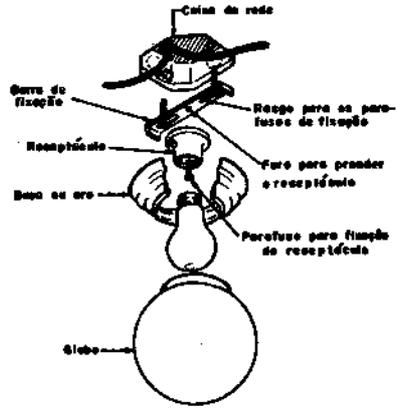


Fig. 6-13

A fig. 6-14 mostra a base de um *plafonnier* com o receptáculo ligado aos fios da linha e a fig. 6-15 mostra o mesmo *plafonnier* com todas as partes montadas.

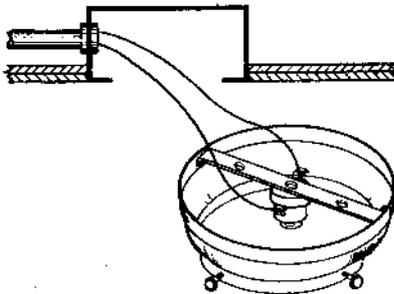


Fig. 6-14

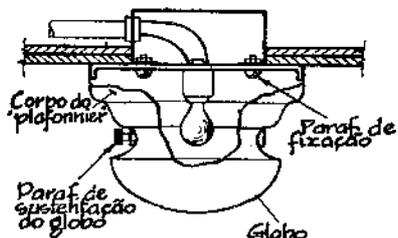


Fig. 6-15

O aparelho de iluminação preso à parede é chamado de arandela ou aplique e sua fixação é feita conforme a seqüência indicada na fig. 6-16.

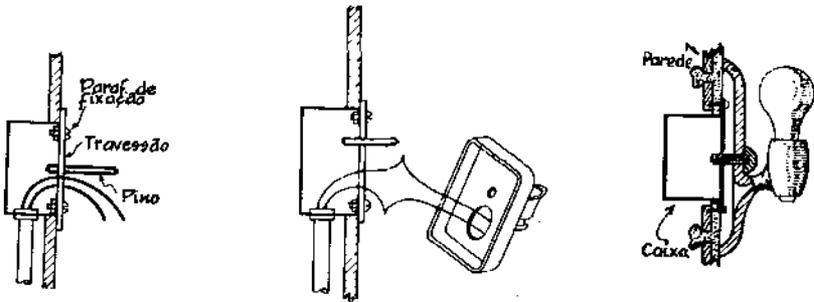


Fig. 6-16

Os aparelhos de iluminação suspensos ao teto, porém, não aderentes ao mesmo, chamam-se pendentes. Existem vários tipos de pendentes conforme mostram as figs. 6-17, 6-18 e 6-19.

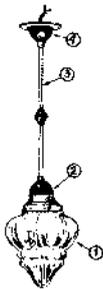


Fig. 6-17



Fig. 6-18



Fig. 6-19

As partes componentes dos pendentes (Fig. 6-17) são: o globo ou a bacia (1), o suporte do globo ou da bacia (2), a haste ou a corrente (3) e o canopo (4).

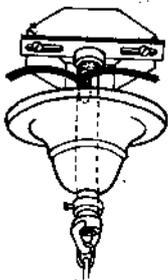


Fig. 6-20



Fig. 6-21

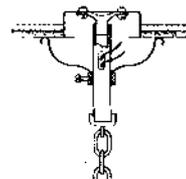


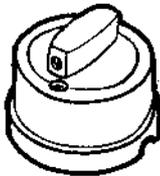
Fig. 6-22

A fixação do pendente ao teto pode ser feita por meio de barra de fixação. A barra, por sua vez, pode ser presa ao teto ou a uma caixa, por meio de parafusos.

A fig. 6-20 mostra a fixação do canopo à caixa por meio de barra. Para pendentes pesados, usa-se o suporte indicado na fig. 6-21, preso diretamente à caixa, conforme fig. 6-22.

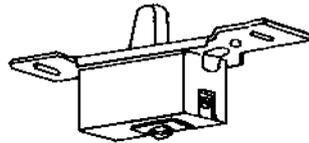
## 6.2 — INTERRUPTORES E TOMADAS

O comando dos circuitos elétricos é feito por meio de interruptores. Há interruptores externos (fig. 6-23), de embutir (fig. 6-24), pendente (fig. 6-25) e corta-fio (fig. 6-26).



externo

Fig. 6-23



de embutir

Fig. 6-24



pendente

Fig. 6-25



corta-fio

Fig. 6-26

Os interruptores externos, em geral, são montados sobre rosetas de madeira do tipo indicado na fig. 6-27. A ranhura da roseta permite a passagem dos condutores, conforme fig. 6-28.

A fig. 6-29 mostra a fixação do interruptor externo feita diretamente na parede. A fig. 6-30 mostra a fixação do interruptor à roseta.

A ligação dos aparelhos portáteis à rede elétrica é feita por meio de tomadas de corrente. As tomadas utilizadas em linhas abertas são do tipo externo, conforme fig. 6-31. A tomada para redes de eletrodutos é do tipo de embutir, conforme fig. 6-32.

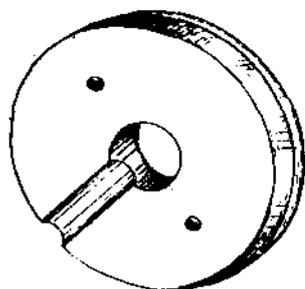


Fig. 6-27

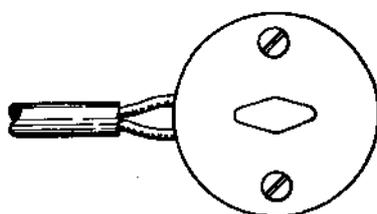


Fig. 6-28

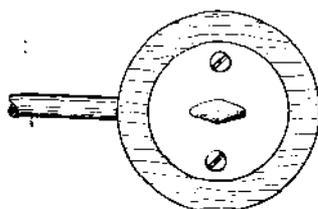


Fig. 6-29

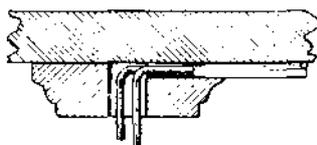
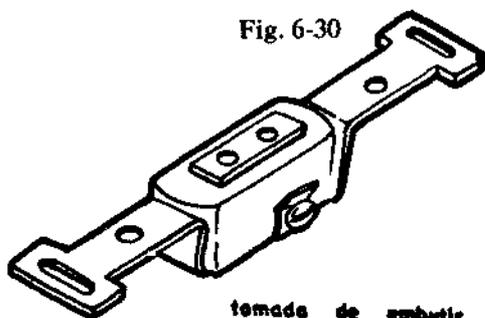


Fig. 6-30



tomada externa

Fig. 6-31



tomada de embutir

Fig. 6-32

Tanto as tomadas como os interruptores de embutir possuem um rasgo de fixação e alinhamento, conforme fig. 6-33, que permite colocar o dispositivo na posição vertical, mesmo que a caixa fique um pouco fora do prumo, conforme fig. 6-34.

A fixação da tomada ou do interruptor à caixa é feita conforme fig. 6-35, utilizando-se parafusos de cabeça escareada. A fixação da tampa ao interruptor ou à tomada é feita com parafusos decorativos do tipo indicado pela fig. 6-36.

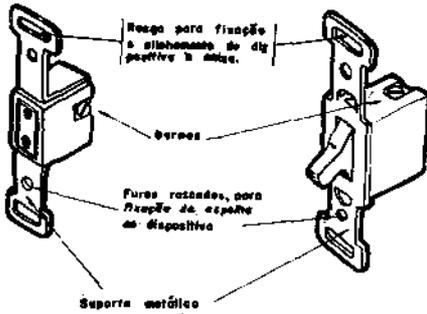


Fig. 6-33

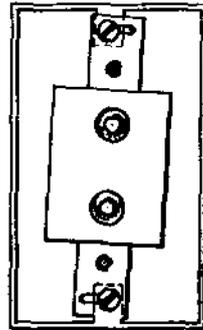


Fig. 6-34

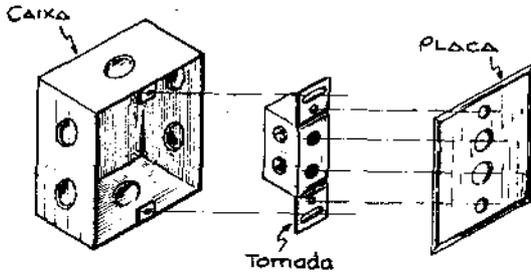


Fig. 6-35

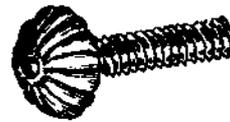


Fig. 6-36

A fig. 6-37 mostra diferentes tipos de tampas destinadas a interruptores e tomadas.

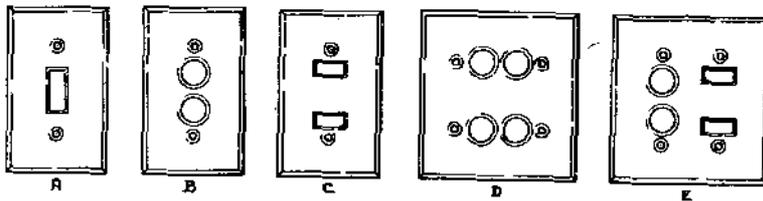


Fig. 6-37

O interruptor simples bipolar, externo ou de embutir, é constituído por dois interruptores simples numa única base. Seu funcionamento está ilustrado na fig. 6-38.

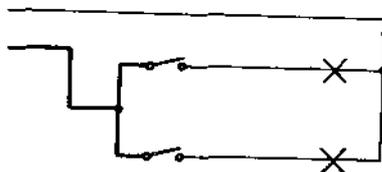


Fig. 6-38

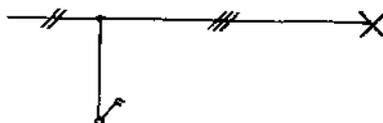


Fig. 6-39

A fig. 6-39 representa, em forma unipolar, o esquema da fig. 6-38.

O interruptor externo, rotativo, de duas seções, esquematicamente representado na fig. 6-40, pode substituir o interruptor simples bipolar conforme indica a fig. 6-41.

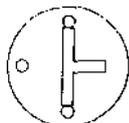


Fig. 6-40

Na fig. 6-41 a, o grupo de lâmpadas 1 está aceso.

Na fig. 6-41 b, ambos os grupos estão acesos.

Na fig. 6-41 c, o grupo de lâmpadas 2 está aceso.

Na fig. 6-41 d, ambos os grupos estão apagados.

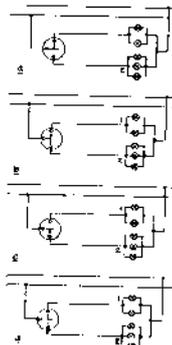


Fig. 6-41

Para comandar-se uma lâmpada ou um grupo de lâmpadas de dois pontos distintos, usam-se os *interruptores paralelos* que podem ser externos, rotativos, conforme fig. 6-42, ou de embutir, de alavanca, conforme fig. 6-43.

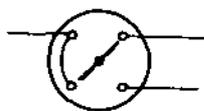


Fig. 6-42

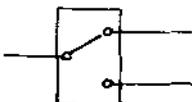


Fig. 6-43

Os interruptores paralelos e a lâmpada podem ser ligados de duas maneiras distintas, isto é, através do *sistema série* e do *sistema paralelo*.

A fig. 6-44 mostra a ligação feita com o sistema série e a fig. 6-45 a ligação feita com o sistema paralelo. Em ambas as figuras, está representado o interruptor paralelo de alavanca.

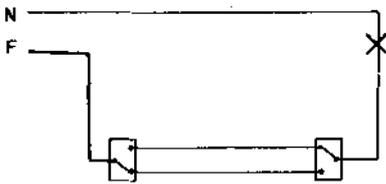


Fig. 6-44

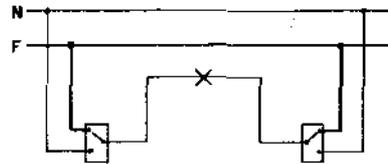


Fig. 6-45

Acompanhando o circuito de ambas as figuras, constata-se que a lâmpada está apagada, pois na fig. 6-44 o circuito está interrompido e na fig. 6-45 os dois bornes da lâmpada estão ligados ao fio *F*. Mudando-se a posição de qualquer um dos interruptores paralelos, a lâmpada acenderá, tanto no circuito da fig. 6-44 como no da fig. 6-45.

O sistema paralelo é conveniente quando, junto aos interruptores, deseja-se instalar tomadas de corrente, conforme fig. 6-46.

Para comandar-se uma lâmpada ou um grupo de lâmpadas, de três ou mais pontos distintos, além dos interruptores paralelos é necessário usar-se os interruptores intermediários. A fig. 6-47 mostra o interruptor intermediário externo, rotativo, e o interruptor intermediário de embutir, de alavanca.

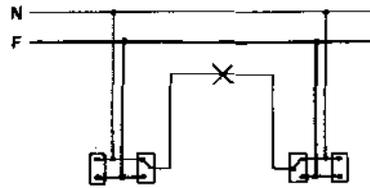


Fig. 6-46

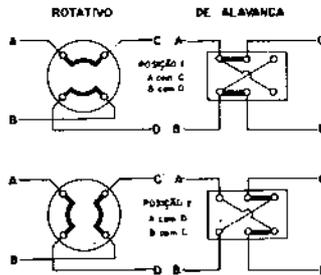


Fig. 6-47

As figs. 6-48 e 6-49 mostram um circuito com uma lâmpada comandada por 4 pontos distintos, respectivamente com interruptores rotativos externos e interruptores de alavanca de embutir.

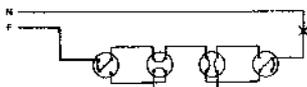


Fig. 6-48

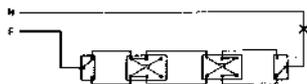


Fig. 6-49

Conforme pode-se ver, nas figs. 6-48 e 6-49, os dois interruptores terminais são paralelos enquanto os demais são intermediários. A posição dos interruptores, nas duas figuras, faz com que os circuitos se fechem, acendendo a lâmpada respectiva. Mudando a posição de qualquer um dos interruptores, a respectiva lâmpada apaga.

A representação unifilar dos circuitos das figs. 6-48 e 6-49 é indicada na fig. 6-50.

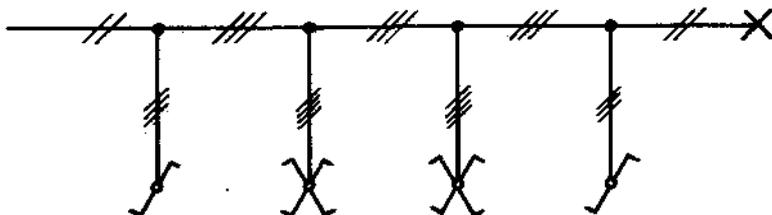


Fig. 6-50

### 6.3 — CIRCUITOS EM ELETRODUTOS COM LÂMPADAS, INTERRUPTORES E TOMADAS

A ligação dos interruptores aos fios do circuito deve obedecer ao exposto no artigo 8.5 da Norma NB-3 da ABNT, que reza o seguinte: "Os interruptores unipolares, os interruptores paralelos e os interruptores intermediários deverão interromper unicamente o condutor-fase e nunca o condutor neutro".

Nas instalações elétricas domiciliares, em geral, os dois condutores que alimentam os circuitos são chamados de fonte. O neutro que, em geral, é de cor branca, irá sempre diretamente ao ponto de aproveitamento, sem ser interrompido por fusível, interruptor ou qualquer outro dispositivo.

Iluminação feita com globos pendentes, vendo-se o *plafondier* e a haste



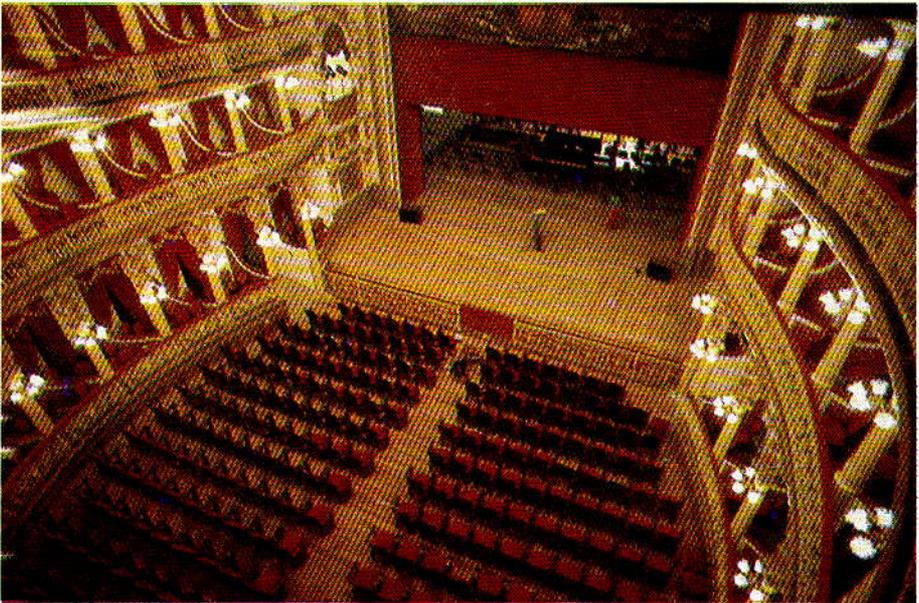


Lustre em estilo, cujo elemento de suspensão são correntes



© Abril Press

Iluminação residencial do tipo indireto, com ótimo nível de iluminamento



© Abril Press

Exemplo de iluminação de um grande ambiente, como o de um teatro

Como os interruptores não são aparelhos utilizadores, o condutor branco nunca passa por eles.

O condutor-fase, na cor preta, poderá ser ligado a condutores de cor preta ou de outras cores, mas nunca ao branco.

A fig. 6-51 indica a instalação de um ponto de luz com soquete provido de interruptor montado sobre caixa terminal.

Este tipo de ponto de luz é o comumente utilizado lateralmente aos armários de banheiros.

A fig. 6-51 representa:

- (a) — símbolo do ponto de luz
- (b) — esquema das ligações no qual a linha grossa representa o condutor preto (fase)
- (c) — ligação dos condutores aos bornes do soquete.

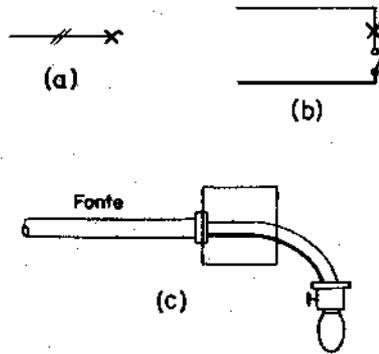


Fig. 6-51

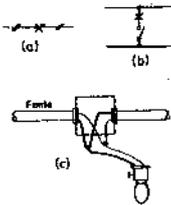


Fig. 6-52

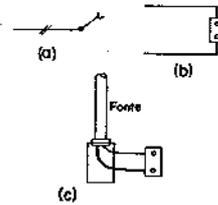


Fig. 6-53

A fig. 6-52 representa a instalação de um ponto de luz, com soquete provido de interruptor montado sobre caixa de passagem.

A fig. 6-53 representa a instalação de tomada bipolar montada em caixa terminal.

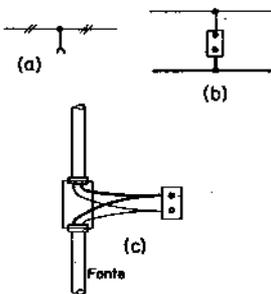


Fig. 6-54

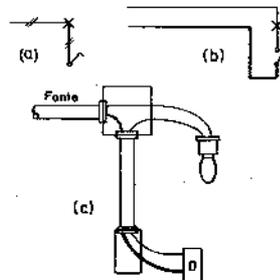


Fig. 6-55

A fig. 6-54 representa a instalação de uma tomada bipolar em caixa de passagem.

A fig. 6-55 representa a instalação de uma lâmpada em caixa terminal comandada por um interruptor de parede.

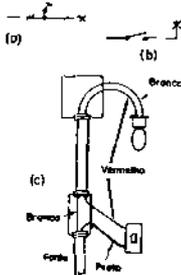


Fig. 6-56

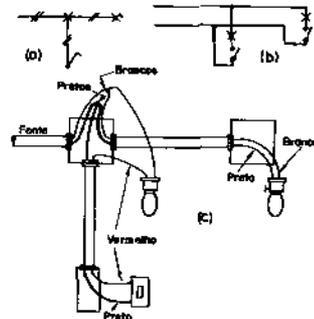


Fig. 6-57

A fig. 6-56 representa a instalação de uma lâmpada em caixa terminal comandada por um interruptor, estando a fonte localizada na caixa do interruptor.

A fig. 6-57 representa uma combinação de lâmpada com interruptor próprio em caixa terminal, e lâmpada em caixa intermediária controlada por interruptor de parede, estando a fonte no teto.

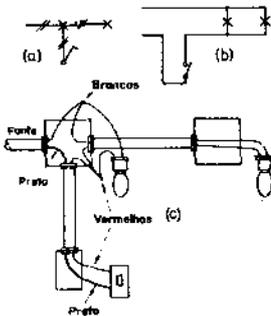


Fig. 6-58

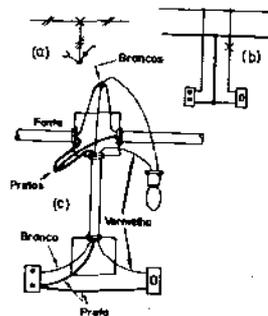


Fig. 6-59

A fig. 6-58 representa a instalação de duas lâmpadas em caixas diferentes controladas por um interruptor.

A fig. 6-59 representa a instalação de uma lâmpada em caixa de passagem controlada por interruptor, em cuja caixa se encontra uma tomada de corrente.

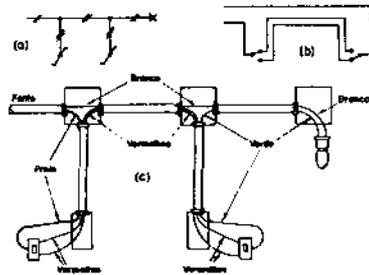


Fig. 6-60

A fig. 6-60 representa a instalação de uma lâmpada em caixa terminal comandada por dois interruptores paralelos, estando a fonte localizada numa das caixas de passagem no teto.

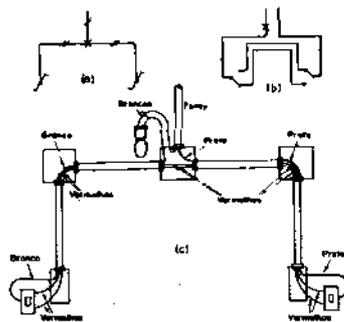


Fig. 6-61

A fig. 6-61 representa a instalação de uma lâmpada comandada por dois interruptores paralelos, estando a fonte localizada na caixa da lâmpada.

#### 6.4 — INSTALAÇÕES PARA SINALIZAÇÃO E CONTROLE

As instalações para sinalização se dividem em duas classes, conforme seção 23 da Norma NB-3 da ABNT.

Os sistemas compreendidos na Classe 1, para os quais não há limitação de potência, constituem extensões dos circuitos de luz e força motriz e por isso lhes são aplicáveis as mesmas prescrições.

Aos sistemas Classe 1 pertencem os circuitos para controle remoto de motores, reatores, circuitos para controle automático em instalações de elevadores, máquinas operatrizes, pontes rolantes, fornos elétricos, solda

elétrica e similar, circuitos operando sob a tensão dos circuitos de iluminação que se destinam a campainhas, cigarras, anunciadores e casos semelhantes.

Aos sistemas Classe 2 pertencem certas instalações de campainhas, cigarras e semelhantes, dispositivos automáticos para abertura e fechamento de portas, controles automáticos industriais e semelhantes.

Os sistemas Classe 2 subdividem-se em 4 subclasses, em cada uma das quais a corrente deve ser limitada aos seguintes valores:

- a) subclasse 2 A — (até 15 volts) — 5 ampères
- b) subclasse 2 B — (entre 15 e 30 volts) — 3 ampères
- c) subclasse 2 C — (entre 30 e 60 volts) — 1,5 ampères
- d) subclasse 2 D — (entre 60 e 150 volts) — 1 ampère

A limitação da corrente nos sistemas Classe 2 pode ser feita por meio de fusíveis, pela alimentação do sistema por meio de pilhas no caso das subclasses "A" e "B", ou pela alimentação do sistema através de transformador construído especialmente para essa finalidade.

Os transformadores destinados à alimentação dos sistemas Classe 2 devem ter características tais que a corrente secundária resultante de curto-circuito não seja maior que o valor correspondente à subclasse considerada.

Os condutores de sistemas Classe 2 não deverão ser instalados no mesmo conduto ou sob o mesmo invólucro protetor que os condutores do sistema Classe 1 ou condutores para luz ou força.

Os condutores para sistemas Classe 2 poderão ter isolamento para 220 volts e poderão ser instalados diretamente sobre paredes ou tetos sem proteção mecânica adicional.

A fixação dos condutores para sistemas Classe 2 diretamente à parede pode ser feita por meio de grampos providos de placas de material isolante, ou de uma das braçadeiras indicadas na fig. 6-62.

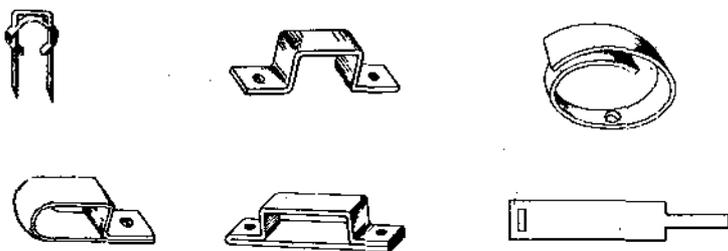


Fig. 6-62

A fig. 6-63 mostra a fixação de um condutor diretamente à parede por meio de braçadeira.

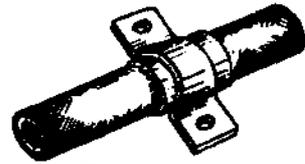


Fig. 6-63

A fig. 6-64 mostra a amarração de um condutor a outro já fixado diretamente à parede.



Fig. 6-64

Os aparelhos utilizados para sinalização acústica são as cigarras e as campainhas.

A cigarra é de construção simples, conforme fig. 6-65; compõe-se de uma bobina, um núcleo de ferro e de uma lâmina de aço.



Fig. 6-65

Quando a bobina é atravessada por corrente alternada, a lâmina vibra e, percutindo no núcleo, produz som. A cigarra não funciona com corrente contínua, pois com esta está impossibilitada de vibrar.

Em circuitos com corrente contínua utiliza-se a campainha elétrica, cuja construção esquemática está representada na fig. 6-66.

- 1 — Base
- 2 — Bornes
- 3 — Núcleos com bobinas
- 4 — Suporte dos núcleos
- 5 — Timpano
- 6 — Âncora
- 7 — Parafuso de regulação
- 8 — Suporte de regulação
- 9 — Mola
- 10 — Suporte da mola

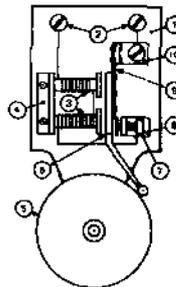


Fig. 6-66

A mola mantém a âncora afastada dos núcleos e encostada no parafuso de regulação, fechando assim o circuito elétrico da campainha.

Ligando-se a campainha a uma linha de alimentação, a corrente a

âtravessa, pois o circuito está com continuidade. A referida corrente magnetiza os núcleos provocando a atração da âncora.

Uma vez a âncora atraída, o contato entre esta e o parafuso de regulagem interrompe-se, impedindo a passagem da corrente. Os núcleos se desmagnetizam deixando de atrair a âncora, que é novamente afastada devido à ação da mola. O deslocamento da âncora restabelece o contato entre esta e o parafuso de regulagem. A corrente volta a circular magnetizando os núcleos e repetindo o ciclo.

Com a repetição consecutiva do fenômeno, a âncora vibra com uma freqüência ajustável por meio do parafuso de regulagem. Com a vibração da âncora, o percussor, que está ligado a ela, bate no tímpano, produzindo som.

A campainha elétrica funciona tanto com corrente contínua como com corrente alternada.

A fig. 6-67 mostra uma campainha elétrica ligada diretamente à linha de alimentação. As figs. 6-68 e 6-69 mostram a alimentação de uma campainha através de um transformador.

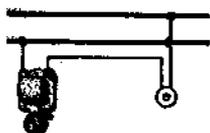


Fig. 6-67

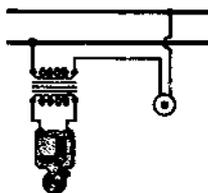


Fig. 6-68

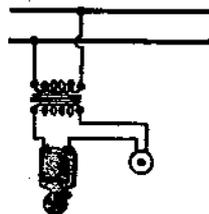


Fig. 6-69

As campainhas elétricas e as cigarras são comandadas pelos chamados "botões de campainha". A fig. 6-70 mostra o botão de campainha externo, preso à parede. A fig. 6-71 mostra o botão pendente e a fig. 6-72 o botão de embutir, que é preso à tampa da caixa.

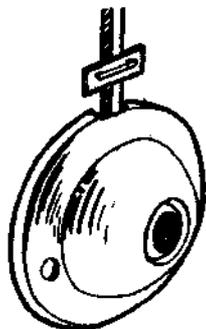


Fig. 6-70

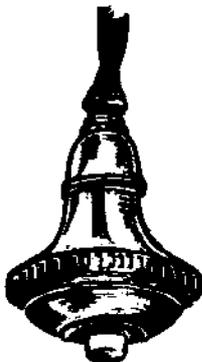


Fig. 6-71



Fig. 6-72

A fig. 6-73 mostra a fixação e a interligação de uma campainha elétrica e o respectivo transformador. Os condutores estão diretamente presos à parede por meio de braçadeiras. Os condutores (A) são ligados ao botão da campainha.

Quando o dispositivo de sinalização pode ser acionado por pontos distintos, é necessário que fique identificado e registrado o ponto de chamada. A identificação e o registro das chamadas consegue-se utilizando o quadro anunciador.

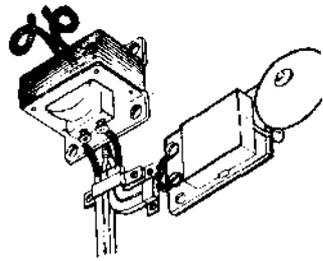


Fig. 6-73

Cada um dos números é comandado por uma bobina, que só possui corrente quando o interruptor que lhe corresponde for fechado. Após a abertura do interruptor de comando, o número permanece à vista em virtude do próprio peso. A volta do número à posição inicial, na qual não é visível, é conseguida acionando-se uma alavanca ou puxando-se uma corrente

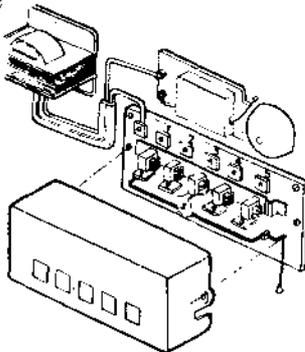


Fig. 6-74

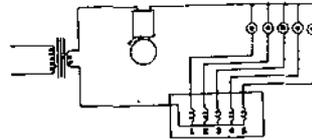


Fig. 6-75

A fig. 6-74 mostra um quadro anunciador de 5 números, sem tampa, interligado com o transformador que o alimenta. A fig. 6-75 mostra o esquema de ligações do quadro, transformador e botões de campainha. Este esquema mostra que, apertando-se um dos botões, se estabelece um circuito "transformador-campainha-bobina", de forma que, além de tocar a campainha, aparece no mostrador o número correspondente ao botão apertado.

Nas escadarias, nos corredores e nas entradas dos edifícios, é possível conseguir-se apreciável economia de energia elétrica, se o sistema de iluminação for acionado por um dispositivo especial, que mantém a luz acesa por um período determinado, após o qual a luz apaga-se automaticamente. Este dispositivo pode ser comandado de pontos distintos, através da compressão de um botão de campainha. O nome deste dispositivo, *interruptor*

de *minuteria*, provém do fato que a regulação do tempo em que a luz fica acesa é feita em numero de minutos.

O funcionamento do interruptor de minuteria é simples, pois o mesmo é constituído por um eletroímã que, uma vez excitado, provoca o fechamento do circuito de iluminação. A interrupção da corrente no eletroímã não faz a luz apagar, pois o interruptor é mantido fechado por meio de um mecanismo de relojoaria. Somente após o tempo previsto é que o interruptor interrompe o circuito de iluminação.

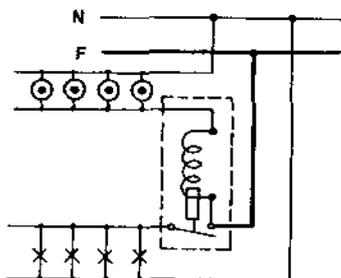


Fig. 6-76

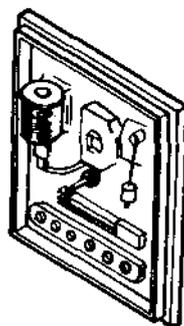


Fig. 6-77

A fig. 6-76 mostra o esquema das ligações do interruptor de minuteria com as lâmpadas e os botões de campainha. A fig. 6-77 mostra o aspecto do interruptor de minuteria sem tampa.

### 6.5 — INSTALAÇÃO PARA BOMBA HIDRÁULICA

As bombas hidráulicas instaladas nos prédios têm por finalidade transferir a água de uma cisterna subterrânea para uma caixa-d'água colocada embaixo do teto do prédio.

A bomba deve deixar de funcionar quando a caixa-d'água estiver cheia ou quando a cisterna estiver vazia. O comando da bomba é feito automaticamente, por meio de interruptor especial chamado chave de bóia.

A chave de bóia é constituída, conforme fig. 6-78, por uma haste (a), sobre a qual estão presos os limitadores de curso (b). A bóia (c), quando pressionar o limitador inferior, empurra a haste para baixo e, quando pressionar o limitador superior, empurra a haste para cima.

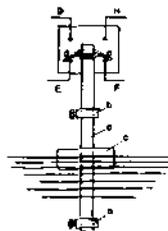


Fig. 6-78

Suponha-se que o nível da água desce até que a bóia pressione o limitador inferior. A haste desloca-se para baixo e as palhetas (d) abrem-se, até que, superada a posição horizontal, a ação da mola as desloca para cima, conforme fig. 6-79.

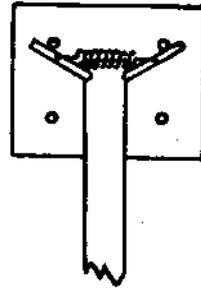


Fig. 6-79

Nestas condições, interrompe-se o contato entre os bornes E-F e estabelece-se entre G-H.

A combinação de duas chaves de bóia, colocadas respectivamente uma na caixa e outra na cisterna, permite o comando automático da bomba.

As chaves de bóia não podem suportar a corrente absorvida pelo motor, por esta razão são inseridas no circuito de comando de um interruptor telecomandado.

A fig. 6-80 mostra o esquema do circuito de comando de uma bomba com motor monofásico.

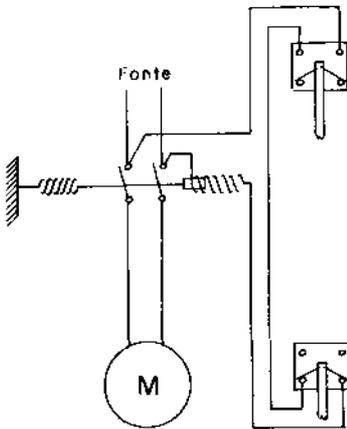


Fig. 6-80

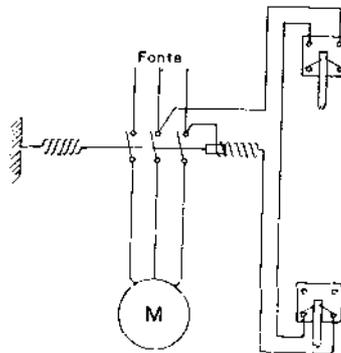


Fig. 6-81

A fig. 6-81 mostra o esquema do circuito de comando de uma bomba com motor trifásico.

Em ambos os circuitos a posição da chave de bóia indica que tanto a cisterna como a caixa-d'água estão cheias. A bomba está inativa, pois o circuito de comando da mesma está interrompido pela chave de bóia superior.

## Capítulo 7

### 7.1 — CIRCUITOS ALIMENTADORES

Circuito alimentador é o que atende unicamente a centros ou a circuitos de distribuição. Os circuitos destinados à alimentação de aparelhos de uso doméstico devem obedecer às prescrições da seção 21 da Norma NB-3 da ABNT. A tensão de operação dos referidos circuitos não deverá ser maior do que 250 volts contra a terra.

Os circuitos alimentadores deverão ser projetados para a carga computada, levando-se em conta o fator de potência. Esta carga é obtida pela soma das potências dos pontos de luz e das tomadas de corrente.

Para os pontos de luz, no caso de iluminação de ambientes residenciais, de lojas e de escritórios, deverão ser adotadas as seguintes cargas mínimas:

Residências:		
salas.....	25	watts/m <sup>2</sup>
quartos.....	20	" "
escritórios.....	25	" "
copa.....	20	" "
cozinha.....	20	" "
banheiro.....	10	" "
dependências.....	10	" "
Lojas.....	30	" "
Escritórios.....	30	" "

A potência correspondente a cada tomada de corrente deve ser considerada de 100 watts, exceto quando se destina à ligação de aparelho consumidor de potência maior que 600 watts, caso em que deverá ser considerada a potência efetiva do aparelho.

Para os locais mencionados na tabela N.º 16 do Anexo 2 da Norma NB-3 da ABNT, deverá ser considerada, no mínimo, a carga aí obtida, tomando em consideração os fatores de demanda previstos.

No cálculo de circuitos alimentadores para fogões elétricos, deverá ser considerada a demanda em função unicamente do número de fogões instalados, de acordo com a tabela N.º 17 do Anexo 2 da Norma NB-3 da ABNT.

## 7.2 — CIRCUITOS DE DISTRIBUIÇÃO

O circuito de distribuição é o que distribui a energia elétrica para os pontos de consumo. Em geral, os circuitos de distribuição, conforme parágrafo 21.4.1 da Norma NB-3 da ABNT, são de dois fios, excetuando-se os casos previstos no parágrafo 21.4.2 da mesma Norma. As figs. 7-1, 7-2 e 7-3 mostram, respectivamente, os seguintes conjuntos:

- dois circuitos de distribuição ligados a um circuito alimentador de fase e neutro;
- quatro circuitos de distribuição ligados a um circuito alimentador de duas fases e neutro;
- seis circuitos de distribuição ligados a um circuito alimentador de três fases e neutro.



Fig. 7-1

A capacidade nominal dos circuitos de distribuição é determinada pela capacidade nominal de seu dispositivo de proteção (fusível ou chave automática), que poderá ser de 15, 20 ou 30 ampères.

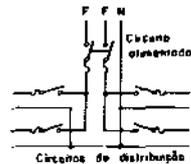


Fig. 7-2

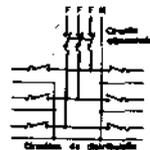


Fig. 7-3

As bitolas dos condutores de cada circuito deverão ser, no mínimo, de N.º 14 AWG para 15 ampères; N.º 12 AWG para 20 ampères e N.º 10 AWG para 30 ampères.

Havendo aparelhos com corrente acima de 30 ampères, deverá ser empregado um circuito individual para cada um desses aparelhos.

Cada circuito deverá ser dotado de seu próprio condutor neutro. A bitola do condutor neutro dos circuitos de distribuição deverá ser, pelo menos, igual à dos condutores-fase.

Nas residências, lojas e escritórios deverão ser instalados circuitos de distribuição em número nunca inferior a:

**Residências:**

um circuito para cada 60 metros quadrados ou fração, além do circuito destinado a atender às tomadas de corrente na cozinha, quitinete, área de serviço, copa e lavanderia.

**Lojas e escritórios:**

um circuito para cada 50 metros quadrados ou fração.

Em cada unidade residencial deverá ser instalado, pelo menos, um circuito destinado a atender às tomadas de corrente na cozinha, quitinete, áreas de serviço, copa e lavanderia. Este circuito deverá ter capacidade nominal mínima de 20 ampères e não alimentará nenhum ponto de luz. Três destas tomadas deverão ser consideradas como de 600 watts cada, e as demais de 100 watts cada uma. Somente em unidades residenciais com área menor que 40 metros quadrados, nesse circuito poderão ser ligadas tomadas de corrente de outros compartimentos.

### 7.3 — NÚMERO MÍNIMO DE TOMADAS

Para os efeitos deste item, devem ser considerados, como uma única tomada, os dispositivos duplos ou triplos montados na mesma caixa.

Deverão ser previstas tomadas de corrente em número não inferior ao especificado a seguir:

- a) em salas, quartos, cozinhas, quitinetes, vestibulos, escritórios e outras dependências de serventia habitual de edifícios residenciais e comerciais:
  - 1 tomada em cada compartimento de área não maior do que 8 metros quadrados;
  - 2 tomadas quando a área estiver compreendida entre 8 e 16 metros quadrados.
- b) em áreas maiores do que 16 metros quadrados:
  - 1 tomada para cada 5 metros de perímetro ou fração, mas não menos que 3 tomadas no total.

Como exemplo de aplicação, considere-se a instalação elétrica de uma residência com 13 dependências, 188 metros quadrados de área, dois aparelhos de ar condicionado, sendo um na sala e outro num dos quartos. Os circuitos de distribuição são 6, isto é:

- Um, para tomadas da cozinha, copa e área de serviço;
- Um, para o aparelho de ar condicionado na sala;
- Um, para o aparelho de ar condicionado no quarto;
- Três, para os pontos de luz e tomadas das demais dependências.

Todos os dados e os valores referentes aos circuitos estão transcritos na tabela 7-1.

DEPENDÊNCIAS	Área m <sup>2</sup>	Pontos de luz	Tomadas	Potência VA	Circ. 1	Circ. 2	Circ. 3	Circ. 4	Circ. 5	Circ. 6
Entrada	6	1	1	200		200				
Sala	40	3	6	900		900				
			1	2200				2200		
Varanda	12	1	2	300		300				
Quarto (1)	16	3	2	500			500			
Quarto (2)	18	3	4	700			700			
			1	2200						2200
Escritório	14	2	2	400		400				
Banheiro social	9	2	1	300			300			
Corredor	6	1	1	200			200			
Cozinha	20	2	3	500				500		
			1	600	600					
Copa	18	2	3	500				500		
			1	600	600					
Área de serviço	16	2	2	400				400		
			1	600	600					
Quarto de empreg.	8	1	1	200				200		
Banheiro de empr.	5	1	-	100				100		
<b>TOTAIS</b>	<b>188</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>11400</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>1700</b>	<b>1700</b>	<b>2200</b>	<b>2200</b>

Tabela 7-1

#### 7.4 — DISPOSITIVOS PARA MANOBRAS DE CIRCUITOS

Os dispositivos para manobras de circuitos deverão ser escolhidos e instalados obedecendo às prescrições da seção 8 da Norma NB-3 da ABNT.

Os referidos dispositivos deverão ser instalados em lugares secos (salvo construção especial), facilmente acessíveis (a uma altura mínima de 30 centímetros em relação ao piso), convenientemente agrupados e adequadamente protegidos contra danificações produzidas por agentes externos.

Os dispositivos destinados a interromper a corrente normal ou anormal de um circuito deverão ser de características apropriadas para essa finalidade.

Para manobra de circuito trifásico deverá ser usado dispositivo tripolar, que atue sobre os três condutores-fase simultaneamente.

Deverá ser usado dispositivo bipolar, que atue sobre os dois condutores simultaneamente, em caso de manobra de circuitos de dois condutores-fase, com ou sem fio neutro, derivado de circuito trifásico.

### 7.5 — CHAVES DE FACA

Nos quadros de distribuição são utilizadas chaves de faca, com ou sem fusíveis. As chaves de faca devem ser instaladas de modo que o peso das lâminas não tenda a fechá-las, conforme figs. 7-4 e 7-5. Quando esta disposição não for praticável, ou no caso de chaves de duas direções, instaladas em posição vertical, devem elas ser providas de meios que permitam travá-las na posição aberta.

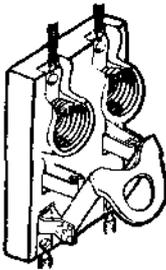


Fig. 7-4

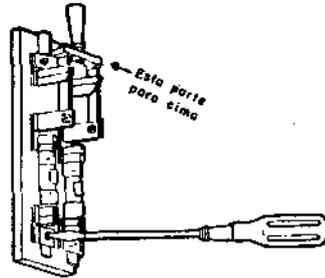


Fig. 7-5

Na posição aberta das chaves, os pórtas-fusíveis deverão ficar sem tensão. Assim sendo, a chave da fig. 7-4 deverá ser ligada conforme fig. 7-6 e a chave da fig. 7-5 deverá ser ligada conforme fig. 7-7.

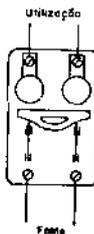


Fig. 7-6

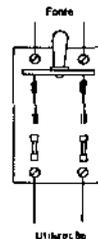


Fig. 7-7

As figs. 7-4 e 7-6 representam a chave de faca provida de fusíveis tipo rolha, enquanto que as figs. 7-5 e 7-7 representam a chave de faca com fusíveis tipo cartucho.

Os fusíveis tipo rolha são atarraxados na base, da mesma forma que as lâmpadas nos receptáculos. Os fusíveis tipo cartucho são introduzidos à pressão nas peças porta-fusíveis, conforme fig. 7-8.

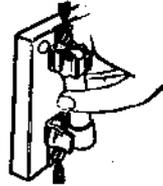


Fig. 7-8

As chaves de faca expostas só deverão ser empregadas em conjuntos de manobra de frente viva, ou dentro de caixas apropriadas, com porta, e de dimensões suficientes para possibilitar o fechamento da caixa com a chave de faca aberta.

## 7.6 — DISJUNTORES

O disjuntor é um dispositivo automático, que desliga o circuito quando no mesmo se verifica uma sobrecarga. O uso dos disjuntores deve obedecer às prescrições do artigo 8.4 da Norma NB-3 da ABNT.

Os disjuntores deverão ser providos não somente de dispositivos mecânicos, que permitam a abertura e o fechamento à mão, como também de dispositivo de abertura livre.

Os punhos, alavancas, volantes ou outros meios para a manobra manual de disjuntores deverão ser facilmente acessíveis. Excetuam-se os disjuntores em caixa de distribuição, os quais podem ficar ocultos quando a tampa da caixa estiver fechada.

Os disjuntores de comando não-manual deverão ter, intercalado entre eles e a fonte de energia, um seccionador de desligamento comprovável visualmente.

Os disjuntores de comando manual poderão servir como chaves separadoras de circuitos.

Nos circuitos elétricos residenciais, utilizam-se disjuntores automáticos termomagnéticos. O aspecto de um disjuntor unipolar está representado na fig. 7-9 e suas dimensões indicadas na fig. 7-10.

O funcionamento do disjuntor termomagnético baseia-se na ação térmica do bimetal e na ação magnética de um eletroímã.

A ação térmica do bimetal proporciona um retardamento, que evita interrupções do circuito no caso de surtos de correntes anormais ou sobrecargas temporárias. Sobrecargas contínuas causarão uma deflexão do bimetal suficiente para soltar o engate do disparo e abrir os contatos.

A ação magnética de um eletroímã, que envolve parcialmente o bimetal, provoca o disparo instantâneo, em caso de curto-circuito.

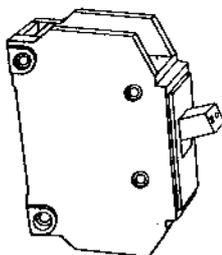


Fig. 7-9

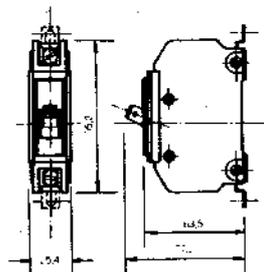


Fig. 7-10

Além dos disjuntores termomagnéticos unipolares, há os bipolares e os tripolares. Nestes, embora os elementos térmicos e magnéticos funcionem independentemente, sua ação é exercida sobre uma barra comum de disparo, assegurando que todos os pólos do disjuntor se abram, mesmo quando a falta se verifica somente num deles.

Para a escolha da capacidade do disjuntor termomagnético, é necessário observar os seguintes fatos:

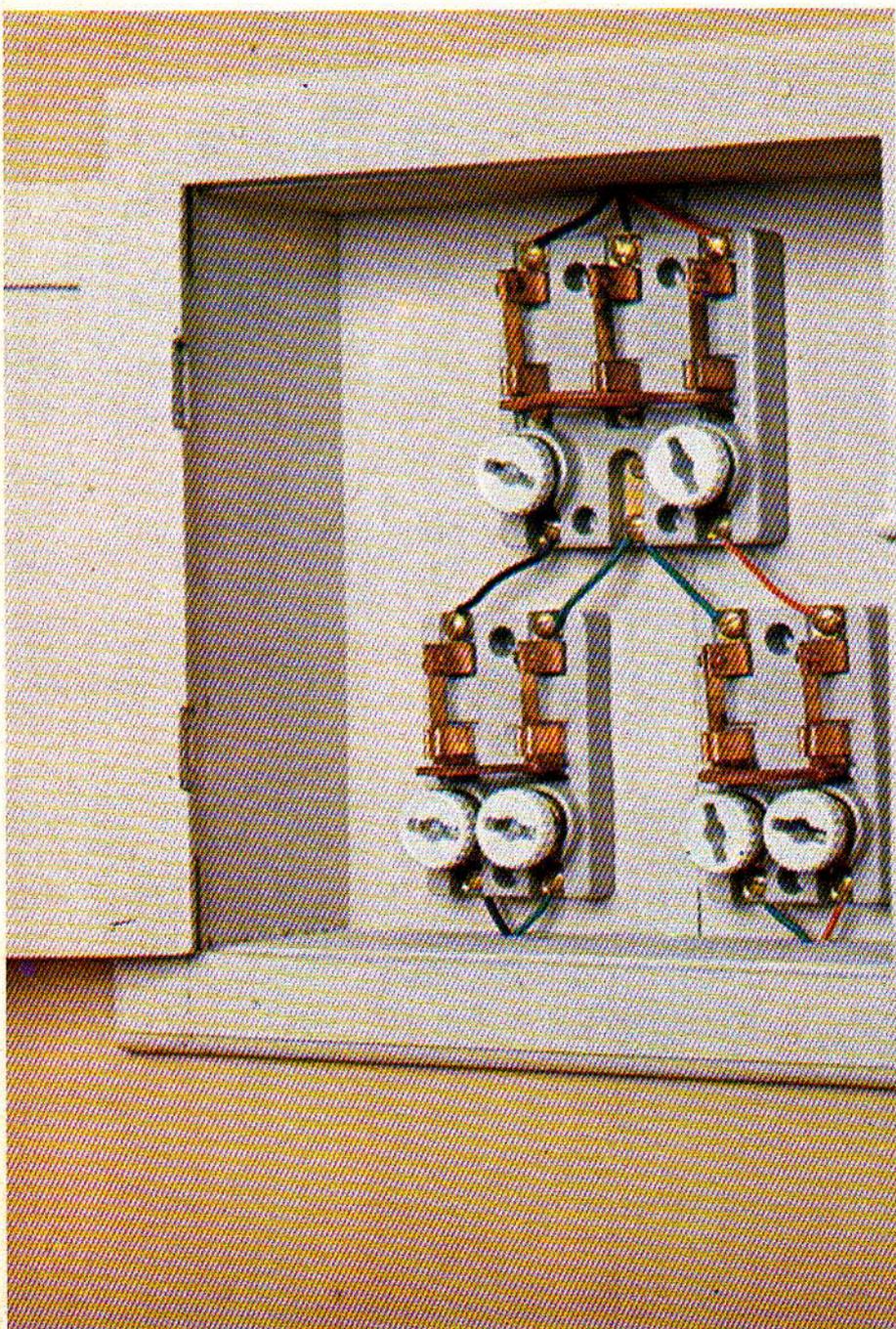
- as lâmpadas incandescentes comuns, durante a primeira décima parte de um segundo depois de ligar, absorvem uma corrente que pode atingir 14 vezes o valor eficaz da corrente normal;
- nas lâmpadas fluorescentes, a sobrecorrente de ligação atinge 2 vezes o valor da corrente normal, sendo sua duração somente de alguns ciclos;
- nas lâmpadas a vapor de mercúrio, a sobrecorrente de ligação atinge 1,7 vezes o valor da corrente normal e perdura por 4 ou 5 minutos.

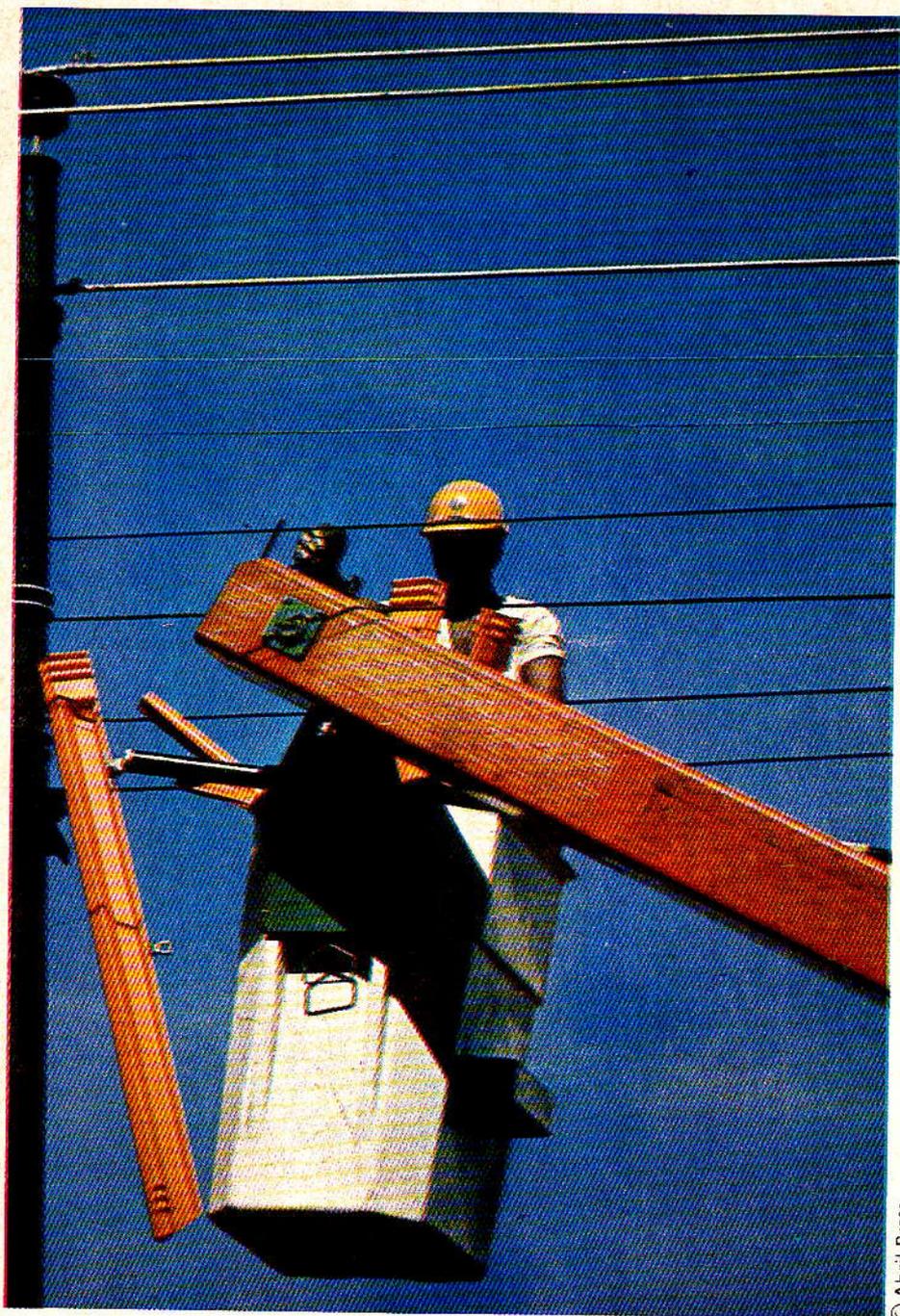
Pelo exposto compreende-se que, devido ao curto período de duração da sobrecorrente de ligação, o efeito desta última não é tomado em consideração nos circuitos de iluminação com lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Nos circuitos de iluminação com lâmpadas a vapor de mercúrio, a capacidade do disjuntor deve ser fixada com base no valor da sobrecorrente de ligação.

A tabela 7-2 permite escolher a capacidade do disjuntor indicado para cada circuito, em função da bitola do condutor e vice-versa.

Capacidade nominal do disjuntor	Bitola do condutor	
	AWG	mm <sup>2</sup>
15 Ampères	n <sup>o</sup> 14	2,01
20 "	" 12	3,14
30 "	" 10	4,90
40 "	" 8	8,04
50 "	" 6	13,20

Tabela 7-2

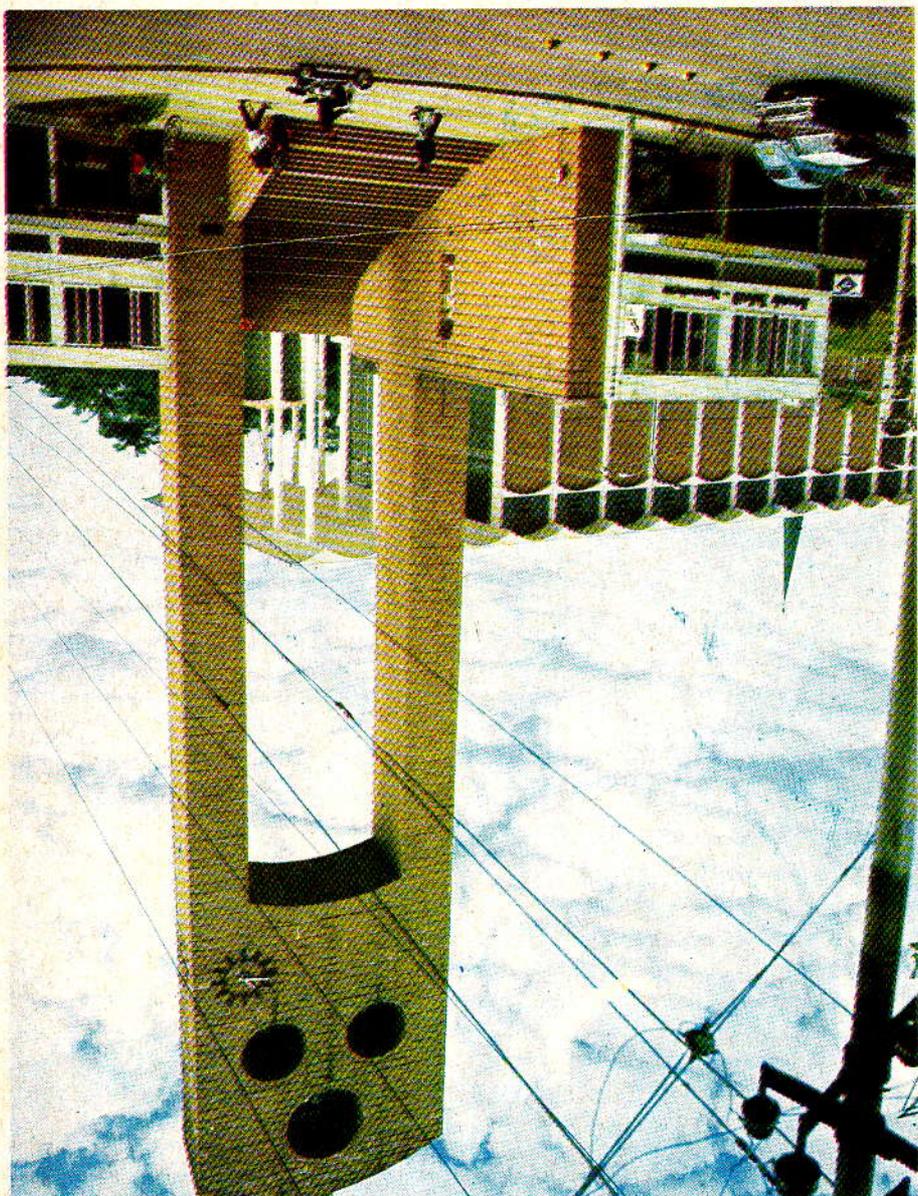


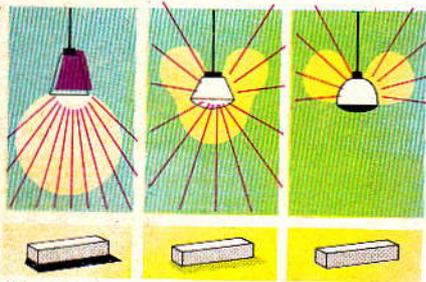


© Abril Press

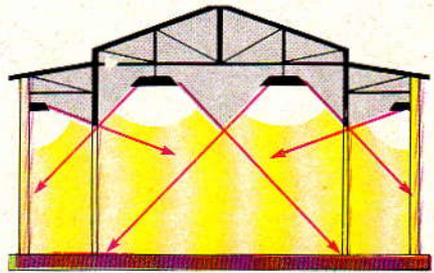
Conserto de condutores de linha aérea

Amarração do condutor a um isolador terminal tipo capanema

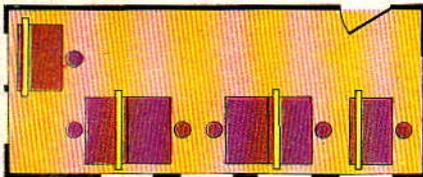




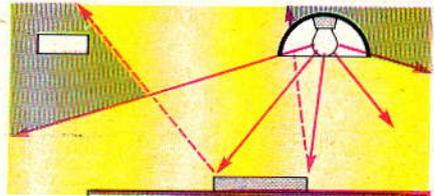
1.



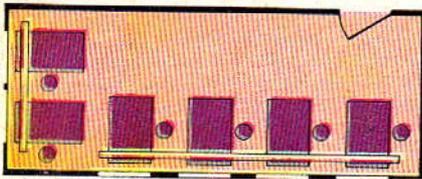
4.



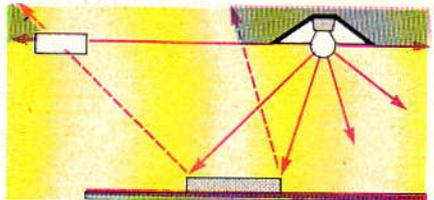
2.



5.



3.



6.

1. Efeito sobre as sombras dos três tipos de iluminação, direta, semidireta e indireta — em amarelo está representado o *diagrama de intensidade* de cada tipo (diagrama construído traçando em cada direção um comprimento proporcional à intensidade nessa direção); 2. Iluminação errônea de uma mesa de trabalho, com luz de frente, que ofusca e dá sombras incômodas; 3 Iluminação correta, com fontes colocadas do lado esquerdo; 4. A figura indica como, nos grandes edifícios (oficinas, fábricas), devem ser colocadas as fontes luminosas bem no alto, de modo a produzir iluminação uniforme no plano de utilização, sem ofuscar nem cansar; 5. Cuidado que é preciso ter para que a luz sobre um objeto, tanto direta como refletida, não incomode a vista; 6. Má iluminação de um objeto, perturbando a vista

### 7.7 — QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO

Nos edifícios de apartamentos, escritórios ou lojas deve haver, pelo menos, um quadro de distribuição em cada unidade, agrupando os dispositivos de manobras e proteção dos circuitos.

Os quadros de distribuição deverão ter dispositivo geral de desligamento capaz de interromper a corrente nominal do seu circuito alimentador.

Poderá ser dispensável a colocação do dispositivo geral de desligamento nos quadros de distribuição para fins de iluminação, desde que estes sejam ligados a circuito alimentador exclusivo que possua tal dispositivo.

A fig. 7-11 mostra o aspecto de um quadro de distribuição sem dispositivo geral de desligamento. O circuito alimentador é constituído por dois fios-fase e o neutro, conforme fig. 7-12, que mostra o esquema das ligações do referido quadro.

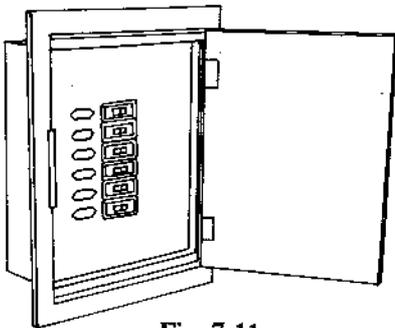


Fig. 7-11

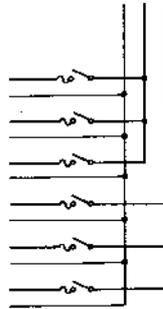


Fig. 7-12

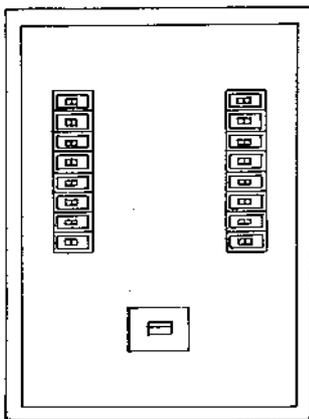


Fig. 7-13

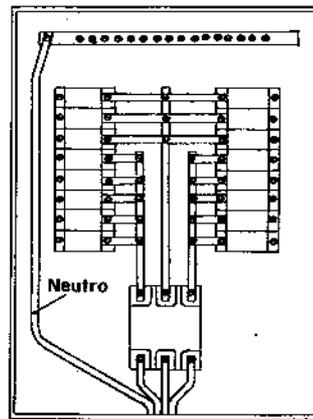


Fig. 7-14

A fig. 7-13 mostra o aspecto de um quadro de distribuição realizado com disjuntores termomagnéticos unipolares. O circuito alimentador é constituído por três fios-fase e neutro, sendo protegido por um disjuntor termomagnético tripolar. A fig. 7-14 mostra o referido quadro sem tampa. O neutro do circuito alimentador é ligado a uma barra de cobre, sobre a qual estão conectados os condutores neutros de todos os circuitos distribuidores.