

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E
CONSTRUÇÃO CIVIL

NOTAS DE AULAS
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS I
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Profa. Tereza Denyse P. de Araújo

Agosto 2003

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

- 1. INTRODUÇÃO**
- 2. COMPONENTES DA INSTALAÇÃO**
- 3. PROTEÇÃO E CONTROLE DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS**
- 4. PÁRA-RAIOS**
- 5. TÉCNICAS DA EXECUÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**
- 6. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

1. INTRODUÇÃO

O projeto de instalação elétrica é uma das etapas mais importantes da construção. Ele consiste na previsão escrita da localização de todos os pontos de utilização (luz, tomadas, interruptores, quadros, passagem dos condutores, entrada de energia, etc.), bem como dos dimensionamentos de todos os componentes, inclusive os dispositivos de proteção e medição. O projeto compreende quatro partes:

1. Memorial descritivo, onde o projetista justifica e descreve a sua solução;
2. Memorial de cálculo, contendo os principais cálculos e dimensionamentos;
3. Conjunto de plantas, esquemas e detalhes que deverão conter todos os elementos necessários à perfeita execução do projeto;
4. Especificações, onde é descrito o material a ser usado e as normas para sua aplicação;
5. Orçamento, onde são levantados as quantidades e os custos de material e mão-de-obra.

1.1. Simbologia

Aqui, não há a preocupação com o projeto propriamente dito, mas com os cuidados que se deve ter na sua execução. Nas plantas de um projeto de instalação elétrica, os pontos de utilização são representados por símbolos gráficos, o que facilita a leitura por qualquer pessoa. Estes símbolos são normalizados pela ABNT, os quais são mostrados na Figura 1 junto com os símbolos mais utilizados na prática.

Assim, um projeto pode apresentar um dos quatro diagramas possíveis, que são: unifilar, funcional, multifilar e de distribuição.

- **Diagrama unifilar** (Figura 2) – o sistema elétrico é representado por suas partes principais, onde são identificados o número de condutores e seus trajetos por um único traço. Em geral, a posição física dos componentes da instalação (interruptor, tomada, lâmpada, eletroduto, etc.) é representada, sem, contudo, esclarecer o funcionamento e a seqüência funcional dos circuitos.

DESIGNAÇÃO	USUAL	ABNT	DESIGNAÇÃO	USUAL	ABNT
Ponto de luz incandescente	no teto		Tomada para rádio e TV		
	na parede				
Ponto de luz fluorescente	não embutido		Caixa de passagem		
	embutido		Quadro parcial de luz ou força		
Circuito que sobe			Quadro geral de luz ou força não embutido		
Circuito que desce			Quadro geral de luz ou força - embutido		
Circuito que passa			Caixa de telefone		
Tomada de luz na parede	Baixa (0,30 m)		Eletroduto no teto ou parede		
	Meio alta (1,30 m)		Eletroduto no piso		
	Alta (2,00 m)		Tubulação para telefone externo		
Tomada de luz	no piso		Tubulação para telefone interno		
	no teto		Condutores de fase, neutro e retorno em eletroduto		
Tomada de força	na parede		Botão de minuteria		
	no piso		Minuteria		
	no teto		Ligação a terra		
Interruptor de uma seção	S		Fusível		
Interruptor de duas seções	S ₂		Disjuntor a seco		
Interruptor de três seções	S ₃		Chave com fusíveis para alta tensão		
Interruptor paralelo ou "Three-Way"	S _{3w}		Chave com fusíveis para baixa tensão		
Interruptor intermediário ou "Four-Way"	S _{4w}		Disjuntor a óleo		
Botão de campainha			Chave blindada		
Cigarra			Transformador de corrente		
Campainha			Transformador		
Saída para telefone	Externo		Relógio elétrico no teto		
	Interno		Relógio elétrico na parede		
Motor					

Figura 1. Símbolos gráficos para projetos de instalações elétricas.

- **Diagrama funcional** (Figura 3) – todo o sistema elétrico é apresentado, permitindo interpretar rápida e claramente todo o funcionamento dos circuitos, sem se preocupar com a posição física dos componentes da instalação.
- **Diagrama multifilar** (Figura 4) – é apresentado todo o sistema elétrico, em todos os seus detalhes e representado todos os condutores. A posição entre os componentes do circuito não é informada, sendo de difícil interpretação quando o circuito é complexo.
- **Diagrama de distribuição** – é um diagrama unifilar que permite interpretar com rapidez a distribuição dos circuitos e o seu funcionamento.

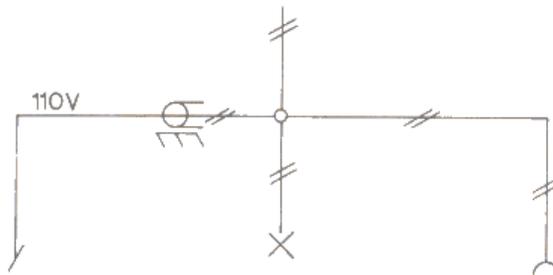


Figura 2. Diagrama unifilar.

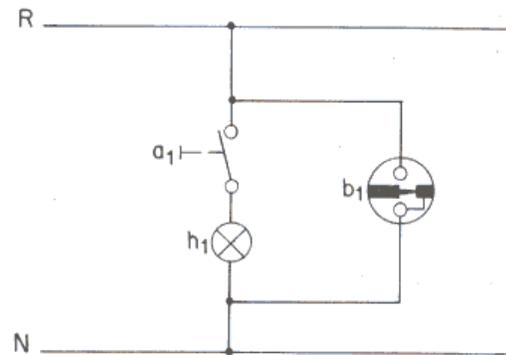


Figura 3. Diagrama funcional.

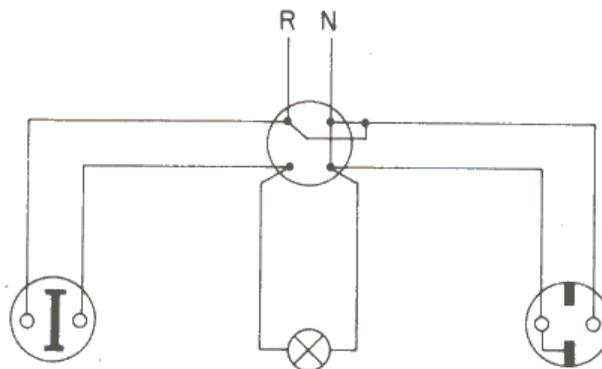


Figura 4. Diagrama multifilar.

Na execução de uma instalação elétrica, dois aspectos são fundamentais, os quais são: a localização dos elementos na planta e o funcionamento. O primeiro permite saber quantos fios passarão por um eletroduto e qual o trajeto da instalação; o segundo consiste na distribuição dos circuitos e dispositivos. Contudo, representá-los em um único diagrama prejudica a clareza e a interpretação de um deles, sendo, portanto, necessário representá-los em dois diagramas: o unifilar de fiação e o de distribuição.

1.2. Normas

As normas técnicas a serem consultadas na elaboração de um projeto elétrico são:

- Normas da ABNT, que são:

- NBR 5410/97 - Instalações Elétricas em Baixa Tensão
- NBR 5419/93 - Instalação de Pára-raios
- Normas da concessionária local (COELCE – www.coelce.com.br)
- Normas específicas aplicáveis.

2. COMPONENTES DA INSTALAÇÃO

A energia entra nos edifícios através da rede pública, cuja ligação depende da potência a ser instalada (Figura 5). O fornecimento pode ser de três tipos, a saber:

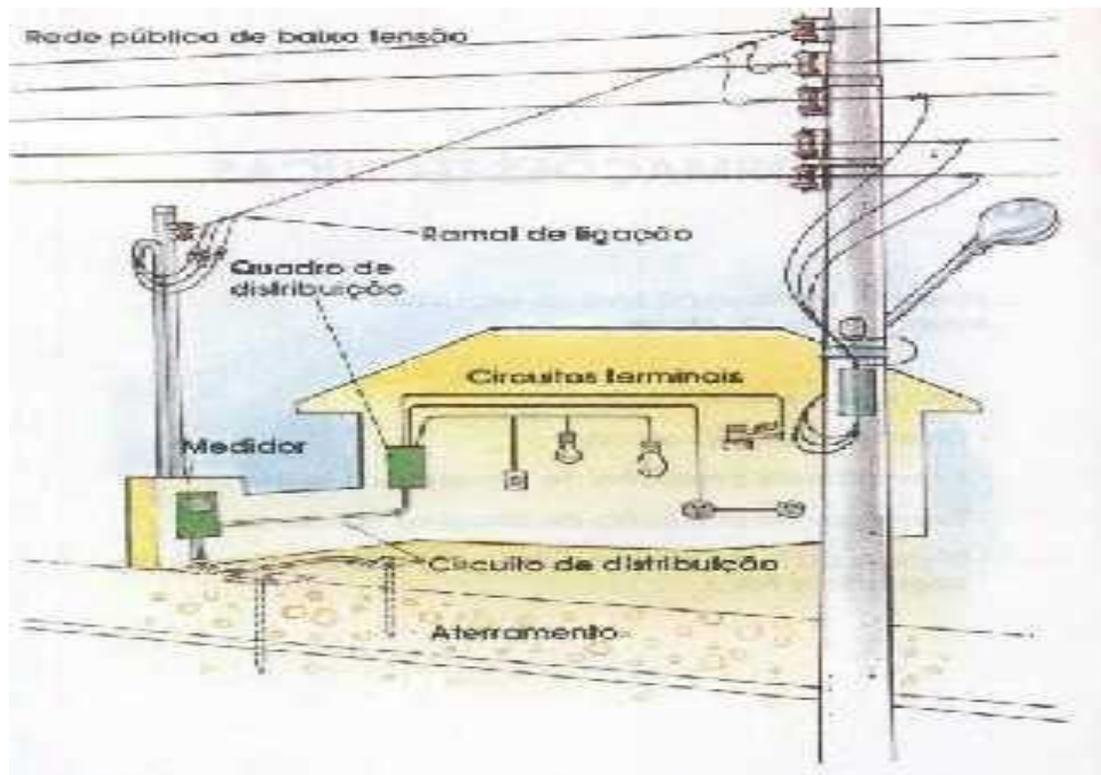


Figura 5. Rede de energia elétrica.

- **Monofásica** – a entrada da energia é feita com dois fios: um em fase, de cor vermelha (positivo – fio energizado); o outro neutro (sem voltagem), de cor azul. A tensão entre eles é de 115 ou 127 volts. A potência instalada é de até 4 kW.
- **Bifásica** – é a ligação composta por três fios: um neutro e os outros dois em fase, fornecendo a tensão entre uma fase e um neutro de 115 ou 127 volts; entre fase e fase, a tensão é de 230 ou 220 volts. Neste caso, a potência instalada varia entre 4 kW e 8 kW.
- **Trifásica** – a ligação é feita com quatro fios: um neutro e os outros três em fase, cuja potência instalada deve ser maior do 8 kW.

A potência a ser instalada é fornecida pelo consumidor e depende da quantidade e potência dos pontos de utilização (luminárias, tomadas, cargas especiais). A seguir, serão mostrados os diversos componentes de uma instalação elétrica com seus respectivos materiais.

2.1. Caixas de Luz e de Distribuição

A energia elétrica entra em um edifício pela caixa de luz, pois é nela que é instalado o relógio medidor. A caixa de luz (Figura 6) deverá seguir as normas da companhia concessionária, devendo estar em local bem visível e de fácil acesso para a leitura do medidor. Ela deve ser aterrada com “eletrodo de terra”.

A caixa de distribuição (Figura 7) também deve obedecer às normas da concessionária de energia elétrica, devendo ser colocada em local de fácil acesso e a qualquer hora. É ela quem divide a instalação em vários circuitos, de modo que um circuito defeituoso não provoca desligamentos nos demais.



Figura 6. Caixas de luz.

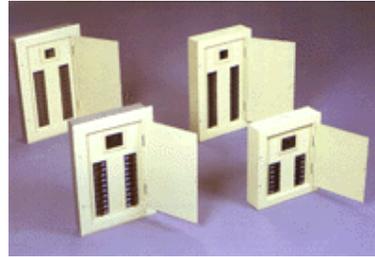


Figura 7. Caixas de distribuição.

2.2. Condutores Elétricos ou Fiação

O material condutor de energia elétrica se constitui de fios e cabos, simples ou de vários fios trançados, isolados ou não. Os condutores podem ser construídos em cobre ou alumínio, recobertos por isolamento termoplástico. Os condutores de alumínio apresentam melhores características condutoras e são de preço mais acessível.



Figura 8. Fio rígido.



Figura 9. Cabo simples.



Figura 10. Cabo múltiplo.

Com um fio, o condutor é denominado fio rígido (Figura 8), e com vários fios é denominado cabo, o qual pode ser simples (simples - Figura 9) ou múltiplo (vários condutores - Figura 10). Sabe-se que quanto mais grosso é o fio, maior é a sua capacidade de conduzir corrente elétrica. Contudo, para uma mesma espessura, o cobre é melhor condutor do que o alumínio, ou seja, ele oferece menor resistência à corrente elétrica.

Os condutores de cobre são classificados em três tipos, que são:

- **Cobre duro**, possui alta resistência à tração, sendo muito empregado em linhas de transmissão de tração elétrica (trens, ônibus elétrico, metrô, etc.).
- **Cobre semiduro**, possui certa flexibilidade e é muito usado nas linhas de distribuição urbana de energia elétrica.
- **Cobre mole ou recosido**, apresenta boa flexibilidade, sendo utilizado nas instalações elétricas residenciais e industriais e cordões para eletrodomésticos.

2.3. Eletrodutos ou Conduítes

Os eletrodutos são tubos de metal ou plásticos rígidos ou flexíveis, utilizados para proteger os condutores da umidade, choques mecânicos e elementos agressivos. Podem ser classificados em:



Figura 11. Eletrodutos metálicos rígidos.



Figura 12. Eletroduto metálico flexível.



Figura 13. Eletroduto plástico rígido.



Figura 14. Eletrodutos plásticos flexíveis.

- **Metálicos rígidos** (Figura 11) são tubos de chapa de aço, com ou sem costuras longitudinais, pintados interna e externamente com esmalte preto ou galvanizados, sendo muito utilizados em instalações aparentes, de seções quadradas, retangulares ou circulares. Estes eletrodutos são divididos em pesados e leves.
- **Metálicos flexíveis** (Figura 12) são dutos formados por uma cinta de aço galvanizado enrolada em espirais, sobrepostas e encaixadas de forma que proporcione boa resistência

mecânica. São utilizados para ligações de motores, chuveiros, duchas, etc., e onde haja a necessidade de fazer curvas expostas.

- **Plásticos rígidos** (Figura 13) são tubos fabricados com derivados de petróleo, os quais são isolantes à eletricidade, não sofrem corrosão, nem são atacados por ácidos. Estes tubos não possuem roscas nos terminais de encaixe, dificultando assim a colocação de arruelas e buchas.
- **Plásticos flexíveis** (Figura 14) são eletrodutos com paredes corrugadas em forma de espirais, que permitem uma enorme flexibilidade. São encontrados no comércio em dois tipos: o leve, cujas paredes, interna e externa, são corrugadas em forma de espiral; o pesado, cujas espiras são somente externas.

2.4. Caixas de Passagem

As caixas de passagem são usadas para o embutimento de tomadas e interruptores, e para a passagem de fios de luz. Podem ser de chapa metálica (Figura 15) pintada com esmalte preto ou neutro, ou ser de plástico (Figura 16). As que ficam nos forros são sextavadas com fundo removível, enquanto que as usadas na fixação de tomadas e interruptores têm a forma quadrada ou retangular, sem fundo removível.



Figura 15. Caixas de passagem metálicas.



Figura 16. Caixas de passagem plásticas.

2.5. Aterramento

Um sistema de aterramento é definido como o conjunto de todos os eletrodos de aterramento e condutores de aterramento que estiverem interligados entre si, assim como todas as partes metálicas que atuem com a mesma função, como por exemplo o caso das armações das ferragens das fundações dos pés de torres de linha de transmissão, bases de equipamentos, etc. Onde se puder garantir uma continuidade elétrica destas ferragens.

- **Eletrodo de aterramento** é, por definição, um condutor enterrado no solo eletricamente ligado a ele, ou um condutor embutido no concreto que, por sua vez, está em contato com

o solo através de uma grande área. Nesta categoria incluem-se as hastes verticais, cujo valor da resistência de aterramento é de 10 ohms.

- **Eletrodo natural de aterramento** é, por definição, todo elemento condutor ligado diretamente à "terra" e cuja finalidade original não é de aterramento, mas se comporta naturalmente como um eletrodo de aterramento. Neste caso, podem ser citadas as armaduras de aço das estacas, as ferragens dos blocos de fundação e das vigas envoltas em concreto, de uma edificação.
- **Condutor de aterramento** é, por definição, um condutor ou elemento metálico não em contato com a "terra" e que tem como objetivo fazer a interligação entre uma parte do sistema elétrico que deve ser aterrada e o eletrodo de aterramento. O condutor de aterramento pode ser enterrado ou não, se estiver enterrado, o mesmo deverá ter isolamento. Como exemplo, podem ser citados os condutores em anel e os condutores horizontais radiais.

Assim, pode-se definir o aterramento como a ligação intencional de uma parte energizada de um circuito elétrico (normalmente o neutro), ou de uma parte eletricamente condutiva pertencente a um equipamento e/ou estrutura à "terra".

Portanto, um sistema de aterramento é necessário em residências ou edifícios a fim de assegurar, ao usuário de uma instalação, segurança para os equipamentos que estão lá instalados, com o intuito de evitar certos tipos de sobretensão, que são provocados por falhas na rede elétrica, como um curto-circuito, por exemplo.

Pode-se dizer que o aterramento tem como função prioritária:

1. proteger o usuário contra choques no equipamento;
2. proteger as instalações contra incêndios de origem elétrica;
3. permitir a continuidade da alimentação;
4. limitar as sobretensões;
5. limitar as perturbações eletromagnéticas;
6. e, além disso, a inexistência do aterramento incorre em perdas parciais da garantia do equipamento (ver termo de garantia).

Os sistemas de aterramento também devem obedecer aos seguintes requisitos básicos:

1. Possuir adequada capacidade para conduzir as correntes de falha, durante o tempo necessário para atuação das proteções e sem sofrer alterações de suas características elétricas e mecânicas; o mesmo acontecendo no caso das descargas atmosféricas, quando da drenagem para a "terra" das correntes associadas às mesmas;
2. Ter rigidez mecânica suficiente, especialmente em locais onde houver possibilidade de danos físicos;
3. Os materiais utilizados nos sistemas de aterramento, devem ser especificados de tal maneira que estes suportem os efeitos da corrosão, característico do local onde for instalado;
4. As conexões não devem sofrer nem corrosão nem afrouxamento;

5. O dimensionamento de um sistema de aterramento deve ser feito de tal maneira que não permita "ELOS" fracos.

2.5.1. Projeto do Sistema de Aterramento

O projeto deve ser desenvolvido de acordo com as normas vigentes da ABNT, sendo que algumas etapas devem ser seguidas para que este seja executado adequadamente:

1. Localizar e definir o local do aterramento.
2. Fazer várias medições no local.
3. Fazer a estratificação do solo.
4. Escolher o tipo de sistema de aterramento.
5. Dimensionar o sistema de aterramento, observando a sensibilidade dos equipamentos de proteção e os limites de segurança das pessoas.

É muito importante ressaltar o cuidado com a manutenção nas instalações de aterramento, pois os componentes estão sujeitos à oxidação e à corrosão que, com o passar dos anos, não desempenharão mais sua função.

O projeto deve ser executado por profissionais competentes e especializados na área, pois o que está em questão é a segurança de pessoas e equipamentos.

De acordo com a NBR-5410/97, todos os equipamentos deverão estar aterrados para que toda e qualquer geração de correntes elétricas indesejáveis e de qualquer natureza sejam drenadas para a terra, sem causar quaisquer tipos de danos. De preferência, o aterramento deverá ser único para toda alimentação da rede elétrica instalada, de forma que a referência seja única, não permitindo diferenças de potenciais entre dois pontos de aterramento. No entanto, para o conjunto de equipamentos, é aconselhável uma rede elétrica dedicada.

O arranjo e as dimensões de um sistema de aterramento são mais importantes do que o próprio valor da resistência de aterramento. Há diversos tipos de sistemas e a aplicação de um ou de outro vai depender da importância do sistema de energia envolvido, da região e do custo. Os principais tipos são:

- Apenas uma haste cravada no solo.
- Hastes dispostas triangularmente.
- Hastes em quadrado.
- Hastes alinhadas.
- Placas metálicas enterradas no solo.
- Fios ou cabos enterrados no solo, formando várias configurações:
 - em quadrado formando uma malha de terra;
 - em cruz;
 - estendidos em vala comum;

- em estrela.

O comprimento total dos eletrodos de aterramento varia conforme o nível de proteção e a resistividade do solo (Tabela 1), sendo que os profundos são adequados para solos em que a resistividade diminua com a profundidade. Estes eletrodos devem ser instalados externamente ao volume a proteger, a uma distância da ordem de 1 m das fundações da estrutura; se estiverem em paralelo, devem ser espaçadas entre si por uma distância não inferior ao seu comprimento.

Tabela 1. Resistividade para vários tipos de solo.

Tipo de solo	Resistividade em ohm m
Areia	250 a 500
Argila	20 a 60
Argila com areia	80 a 200
Húmus	10 a 150
Lama	5 a 100
Limo	20 a 100
Rocha	maior que 1000
Turfa	150 a 300

O aterramento está ligado tanto à caixa de força, quanto à caixa de distribuição, que deve apresentar duas barrinhas de cobre perfuradas, em que uma delas recebe o neutro e a outra, o fio terra. No local aonde chega a alimentação, tem-se duas fases e o neutro, que tem um caminho certo. Já as duas fases vão passar pelo dispositivo de proteção. Para se fazer um bom aterramento, deve-se seguir os passos descritos abaixo (Figura 17):

- Fazer perfuração no solo com um trado de 100 mm, variando de 1,5 a 2 metros de profundidade.
- Enterrar a haste neste buraco.
- Adicionar solução condutora (mistura de terra com um talco vegetal + água) que atuará de duas formas:
 1. conserva a umidade do solo;
 2. garante a condutividade elétrica entre a haste e o solo.
- Fazer uma caixa de inspeção usando cano de esgoto de 100 mm com tampa, a fim de dar proteção às conexões e permitir revisões periódicas da resistência elétrica.
- Molhar a cada 90 dias o sistema de aterramento.

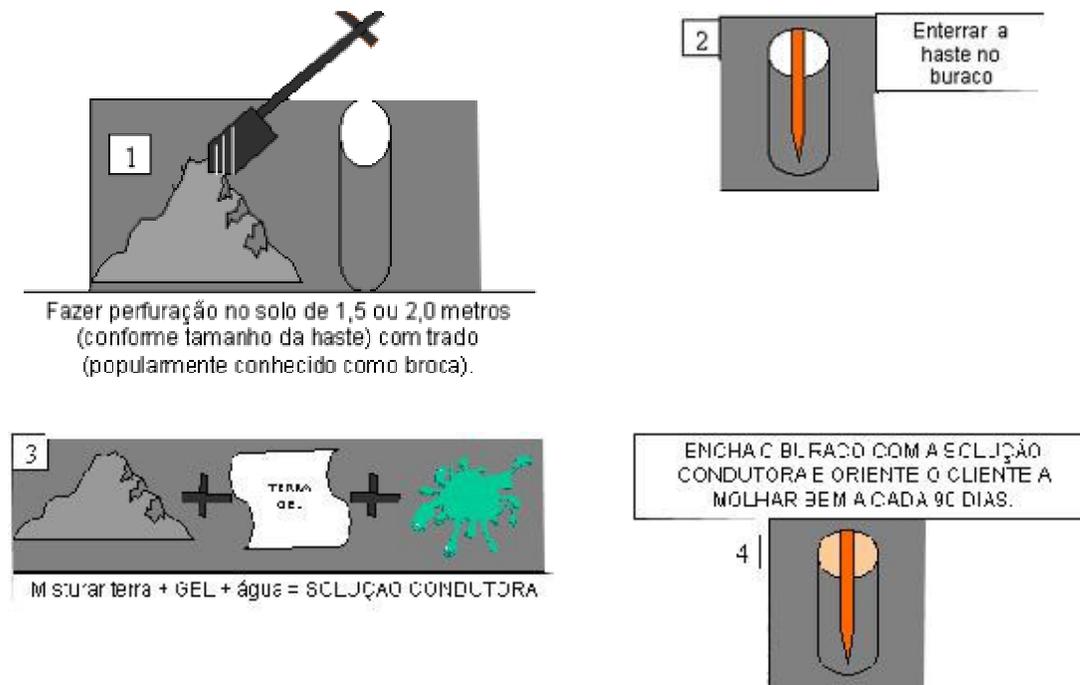


Figura 17. Aterramento.

3. PROTEÇÃO E CONTROLE DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS

A proteção dos circuitos elétricos é muito importante porque impede a ocorrência de curto-circuito, principal causador de incêndios, bem como de sobrecargas. Os principais dispositivos utilizados são os fusíveis e os disjuntores.

Já o controle dos circuitos é feito por dispositivos tais como interruptores, minuteria, contactores e chaves magnéticas, chaves bóias e pulsadores.

3.1. Fusíveis

É um dispositivo de seccionamento e proteção que, pela fusão de um ou mais componentes especialmente projetados e dimensionados, abre o circuito no qual está inserido e interrompe a corrente quando esta superar um dado valor por um dado intervalo de tempo.

O tipo mais simples (Figura 18) é composto basicamente de um recipiente tipo soquete, em geral de porcelana, cujos terminais são ligados por um fio curto que se derrete quando a corrente que passa por ele atinge determinada intensidade. O chumbo e o estanho são dois metais utilizados para esse fim. O chumbo se funde a 327°C e o estanho, a 232°C . Se a corrente for maior do que aquela que vem especificada no fusível: 10A, 20A, 30A, etc., o seu filamento se funde (derrete).

Os fusíveis se encontram normalmente em dois lugares nas instalações elétricas de uma residência: no quadro de distribuição e junto do relógio medidor. Além disso, eles estão presentes no circuito elétrico dos aparelhos eletrônicos, no circuito elétrico do carro, etc. Conforme o emprego dos fusíveis, uma instalação pode ter fusíveis rápidos e fusíveis de ação retardada (levam um certo tempo para se fundirem). A seguir, serão mostrados alguns tipos destes fusíveis.

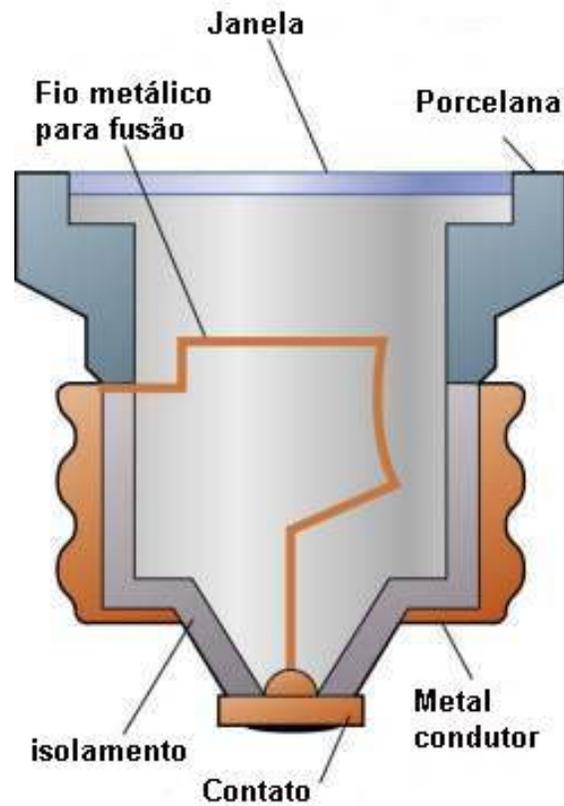


Figura 18. Composição mais simples de um fusível.

Fusíveis do tipo cartucho (Figura 19) - são limitadores de corrente usados especialmente para proteger circuitos elétricos em geral, tais como: os condutores, os aparelhos elétricos, os consumidores/instalações residenciais, etc. São manufacturados e lacrados em fábrica, consistindo de um corpo oco de vidro ou plástico, não condutivo, cujo elemento condutor está ligado interiormente a duas cápsulas de metal, estando os terminais localizados nas extremidades.



Figura 19. Fusível tipo cartucho.

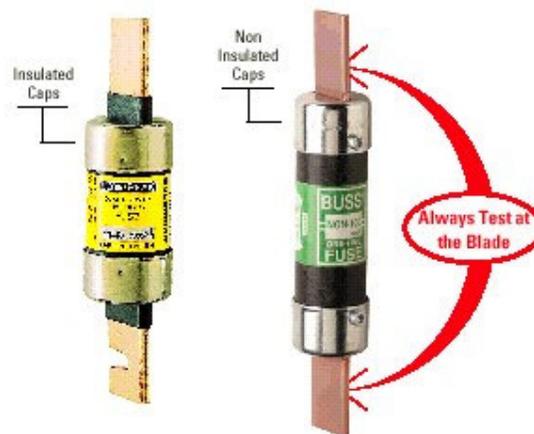


Figura 20. Fusíveis tipo faca.

- **Fusíveis do tipo faca (Figura 20)** - são dispositivos limitadores de corrente que são utilizados, preferencialmente, em instalações industriais, protegendo circuitos elétricos em geral, tais como os condutores, os aparelhos, os consumidores/prediais, os motores, etc.



Figura 21. Fusível tipo base de fixação - Diazed.



Figura 22. Fusível tipo base de fixação - Silized.



Figura 23. Fusível tipo base de fixação - Neozed.



Figura 24. Fusíveis tipo base de fixação - NH.

- **Fusíveis do tipo base de fixação** – estão divididos, conforme a fixação da base, em dois tipos. Os primeiros são aqueles cuja fixação é composta dos seguintes elementos: base, parafuso de ajuste, anel de proteção e tampa. Podem ser fixados diretamente no trilho ou no espelho do painel, sempre com o auxílio de dois parafusos, e são mostrados na Figura 21 – tipo Diazed, na Figura 22 – tipo Silized e na Figura 23 – tipo Neozed. Os do segundo tipo são utilizados com uma base de fixação, sendo individuais ou em conjunto com chaves seccionadoras, sendo essas, para abertura em sobrecarga ou simples; depois de retirado o fusível, a base constitui uma separação visível das fases, tornando dispensável, em alguns casos, a utilização de um seccionador adicional. Este tipo está mostrado na Figura 24 – tipo NH.
- **Fusíveis do tipo elos fusíveis para chaves seccionadoras ou fusíveis (Figura 25)** - são utilizados em chaves fusíveis instaladas em cruzetas/postes de redes de distribuição, cujas tensões nominais variam de 1 KV a 36,2 KV. Os tipos de elos fusíveis são:
 - H - elos fusíveis de alto surto, com alta temporização para correntes elevadas.
correntes nominais padronizadas : 1A, 2A, 3A e 5A;
 - K - elos fusíveis rápidos.

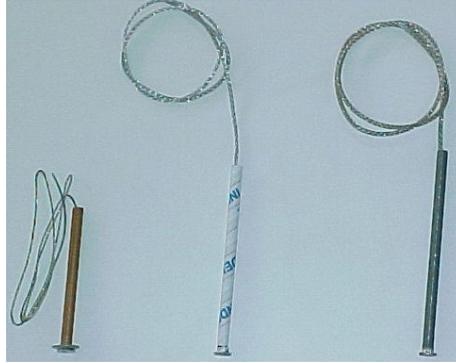


Figura 25. Elos fusíveis.

Grupo A: correntes nominais padronizadas - 6A, 10A, 15A, 25A, 40A, 65A, 100A, 140A e 200A.

Grupo B: 8A, 12A, 20A, 30A, 50A e 80A;

- T - elos fusíveis lentos.

Grupos A e B: correntes nominais idênticas as dos tipos K, porém com valores de rapidez maiores do que esses.

- **Fusíveis de alta tensão** – são elementos fusíveis tipo cartucho, geralmente dimensionados para pequenas correntes e utilizados em vários casos, para suprir a ausência do disjuntor no circuito.

Todos os fusíveis devem ser marcados com as seguintes informações, com exceção dos fusíveis muito pequenos, a fim de facilitar sua identificação:

1. nome ou marca registrada, pela qual pode ser facilmente identificado;
2. referência de catálogo ou designação de tipo;
3. tensão nominal;
4. corrente nominal;
5. faixa de interrupção e categoria de utilização (código de letra), quando aplicável;
6. tipo de corrente e, se aplicável, frequência nominal.

3.2. Disjuntores

Modernamente, nos circuitos elétricos de residências, edifícios e indústrias, em vez de fusíveis, utilizam-se dispositivos baseados no efeito magnético da corrente, os quais são denominados disjuntores. Em essência, o disjuntor (Figura 26) é uma chave magnética que se desliga automaticamente quando a intensidade da corrente supera certo valor. Tem sobre o fusível a vantagem de não precisar ser trocado. Uma vez resolvido o problema que provocou o desligamento, basta religá-lo para que a circulação da corrente se restabeleça.

A manobra através de um disjuntor é feita manualmente, em geral por meio de uma alavanca ou pela ação de seus relés de sobrecarga (como bi-metálico) e de curto-circuito (como eletromagnético). Observe-se que, nesse ponto, os relés não desligam o circuito: eles apenas induzem ao desligamento, atuando sobre o mecanismo de molas, que aciona os contatos

principais. Conforme pode ser visto na representação da Figura 27, cada fase do disjuntor tem, em série, as peças de contato e os dois relés.



Figura 26. Disjuntores.

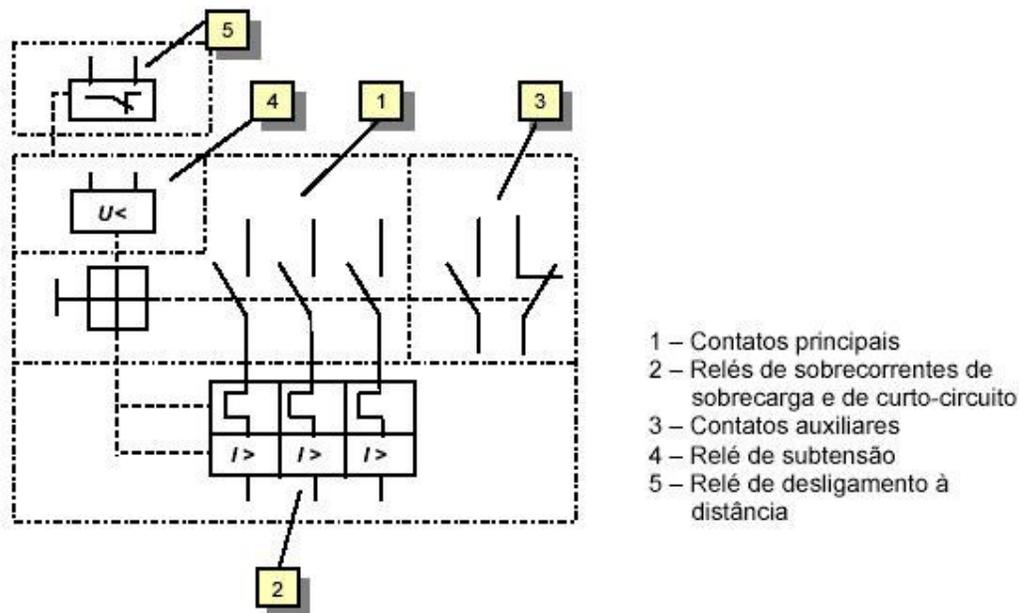


Figura 27. Representação dos componentes de um disjuntor tripolar.

É válido mencionar que para disjuntor de elevadas correntes nominais, os relés de sobrecorrentes são constituídos por transformadores de corrente e módulo eletrônico que irão realizar a atuação do disjuntor por correntes de sobrecargas, correntes de curto-circuito com disparo temporizado e instantâneo e até disparo por corrente de falha a terra.

Para operar nessas condições, o disjuntor precisa ser caracterizado, além dos valores nominais de tensão, corrente e frequência, ainda pela sua capacidade de interrupção, já definida; pelas demais indicações de temperatura e altitude segundo a respectiva norma; pelo agrupamento de disjuntores, segundo informações do fabricante; e outros que podem influir no seu dimensionamento.

Os **valores nominais** do disjuntor são gravados externamente na sua carcaça, seja em alto-relevo, seja na forma de uma placa. Esses valores são obtidos segundo as normas de ensaio

que se aplicam ao dispositivo, na forma individual, ou seja, é ensaiada uma unidade de disjuntor, seja unipolar ou multipolar, perante condições de temperatura e altitude estabelecidas nessa norma.

Observe-se com isso que, se na instalação não houver as **mesmas condições de temperatura e de altitude** e se na instalação houver um **agrupamento de disjuntores**, um encostado no outro (como costuma acontecer com os mini-disjuntores), com o que as condições internas de temperatura se tornarão mais críticas, é necessário restabelecer, por meio de um sistema de troca de calor adequado, as condições de referência citadas em norma.

Por outro lado, os disjuntores são normalmente dotados dos relés de sobrecarga e de curto-circuito, cada um tendo a sua curva característica, que devem ser adequadamente coordenadas entre si.

3.3. Interruptores

Os interruptores são, em geral, controladores de luz. A seguir serão mostrados alguns tipos.

3.3.1. Interruptores Comuns

São os mais usados, podendo ser de uma, duas ou três seções (Figura 28). Eles são ligados de modo a interromperem o condutor-fase, para evitar choque ao se mudar uma lâmpada.



Figura 28. Interruptores comuns de uma, duas e três seções.

3.3.2. Interruptores *Three-Way* (Paralelos)

Estes são interruptores de três caminhos para a corrente. O aspecto externo é semelhante aos outros interruptores, porém as ligações que permite são diferentes. São muito utilizados em escadas de prédios, onde, ao subir ou descer, a pessoa acende a luz e, quando atinge o outro pavimento, pode apagá-la., ou seja, permite apagar ou acender a mesma luz em dois pontos diferentes.

3.3.3. Interruptores *Four-Way* (Intermediários)

São empregados em combinação com dois *three-ways* e serve para interromper o circuito em quatro ou mais pontos diferentes. É considerado um inversor de corrente.

3.3.4. Interruptores Controladores de Luz ou Variador

São interruptores que controlam o iluminamento das lâmpadas (Figura 29), desde a intensidade máxima até o apagamento completo. São aplicados somente para luz incandescente e podem ser do tipo *dimmer* ou potenciômetro.



Figura 29. Controladores de luz.

3.3.5. Minuterias

As minuterias são dispositivos que controlam o desligamento dos circuitos (Figura 30), mediante um certo intervalo de tempo, economizando assim energia. São muito utilizados em condomínios.



Figura 30. Minuterias.

3.3.6. Interruptores Temporizados

São interruptores de luz que acendem a um leve toque e apagam depois de certo tempo, também economizando energia. Podem substituir eficazmente as minuterias, pois podem ser instalados nos *halls* dos andares dos edifícios, próximos aos elevadores.

3.3.7. Interruptores Remotos

São interruptores capazes de acender e apagar lâmpadas incandescentes e fluorescentes à distância. Seu funcionamento está baseado na radiação infravermelha, ou seja, um transmissor emite uma luz não visível que é recebida pelo receptor, que, por meio de um circuito eletrônico, é capaz de apagar, acender e controlar a luz.



Figura 31. Pulsadores (campainhas).

3.3.8. Pulsadores

São interruptores usados quando se deseja somente um pulso de energia, como numa campainha, cigarras, sirenes, etc. (Figura 31).

3.3.9. Chave Bóia

É um tipo de interruptor que serve para controlar o nível de água ou de outro fluido. Há três tipos de chave-bóia (Figura 32):



Figura 32. Chaves-bóia.



Figura 33. Contactor.

- **Contatos sólidos**, constituídos de uma caixa de contatos, uma vareta com limitadores de nível e a bóia propriamente dita, normalmente de plástico.
- **Contatos de mercúrio**, consistem de uma ampola dentro da qual existe mercúrio, dois contatos aos quais estão ligados os fios do circuito elétrico e um contrapeso de ferro, para manter a ampola na posição. Existem dois tipos de chaves-bóia, neste caso: para reservatório superior e para reservatório inferior.
- **Contatos eletrônicos**, possuem dois sensores de grafite, de máxima e de mínima, os quais atuam em contato com a água. São de emprego limitado.

3.4. Contactores e Chaves Magnéticas

São dispositivos com dois circuitos básicos, de comando e força, que se prestam a comandar circuitos elétricos à distância, quer manual, quer automaticamente (Figura 33).

O circuito de comando opera com corrente pequena, apenas o suficiente para operar a bobina, que fecha o circuito de força. Este circuito é operado por botoeiras, chaves-bóia, pressostatos, termostatos, etc.

As chaves magnéticas, em caso de falta de tensão da concessionária, desarmam, e, quando a tensão retorna, não se ligam automaticamente. Isto é benéfico em certos tipos de instalação (por exemplo, ar condicionado).

4. PÁRA-RAIOS

Os pára-raios têm como função principal “parar os raios”, ou seja, impedir que estes ocorram. Não sendo isso possível, os pára-raios passam a ter uma função secundária, a qual é propiciar um caminho seguro para as cargas elétricas.

4.1. Formação dos Raios e Sua Ação Sobre os Edifícios

Na linguagem popular, raio é a descarga elétrica; relâmpago é o clarão intenso causado pela descarga e trovão é o barulho que se escuta após a ocorrência do raio. Essa terminologia será adota aqui para descrever como é um raio.

A maioria dos raios ocorre dentro da própria nuvem ou de uma nuvem para outra. Contudo, vamos nos limitar a descrever os raios entre a nuvem e o solo, já que somente estes atingem os pára-raios. No entanto, é válido lembrar que este é um assunto ainda em pesquisa, assim sendo, o que for dito a seguir não é verdade absoluta, são apenas os fatos e conhecimentos atuais.

As tempestades envolvem grandes nuvens de chuva chamadas "cumulus nimbus", as quais são nuvens "carregadas", medindo 10 ou mais quilômetros de diâmetro na base, e de 10 a 20 quilômetros de altura. Dentro delas existe uma distribuição de cargas, estando as negativas na base e as positivas no topo (Figura 34), podendo ocorrer exatamente o inverso, ou seja, as cargas positivas na base da nuvem e as negativas no topo.

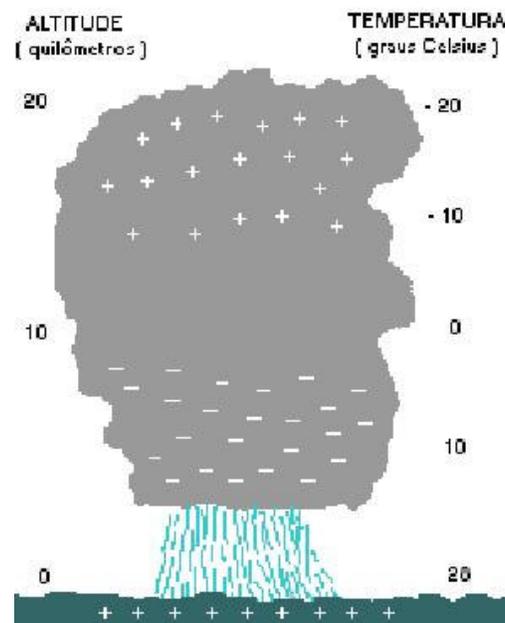


Figura 34. Distribuição de cargas nas nuvens durante uma tempestade.

As cargas negativas na base da nuvem induzem (atraem) as cargas positivas no solo, resultando no surgimento de um intenso campo elétrico entre a nuvem e a terra. Esse campo elétrico pode gerar um campo elétrico tão intenso que pode transformar o ar de isolante em condutor possibilitando que alguns elétrons, cargas negativas, comecem a se mover da nuvem para o solo. O processo ocorre tão rapidamente que, na maioria dos casos, o olho humano não consegue distinguir suas etapas.

Esse percurso em zigue-zague é chamado de "líder escalonado". "Líder" porque abre caminho para outros elétrons e "escalonado" porque é uma seqüência de degraus. O módulo da velocidade desses elétrons é altíssima, aproximadamente 100.000,00 m/s. Alguns elétrons podem se separar do trajeto principal, formando ramificações.

Como ilustrado na Figura 35, o raio se inicia com uma descarga elétrica que parte da nuvem até próximo ao solo. Essa descarga provoca mais ionizações no ar ao longo de seu percurso, e a região entre a nuvem e o solo passa a conduzir mais facilmente a corrente elétrica. Quando a ponta do líder chega a alguns metros (entre 20 m e 50 m) do solo, uma descarga, chamada "descarga de conexão", inicia-se de algum local do solo fechando o circuito (caminho), formando um "fio condutor" que liga a terra à nuvem. Ao se estabelecer esta conexão, as cargas elétricas no solo sobem em direção à nuvem. Essa descarga, do solo para a nuvem apresenta grande luminosidade e intensa corrente elétrica, ou seja, é ela que cria o relâmpago. Todo este processo de descargas elétricas, raios e relâmpagos, aquecem o ar, provocando sua expansão que se propaga em forma de uma onda sonora, originando o trovão.

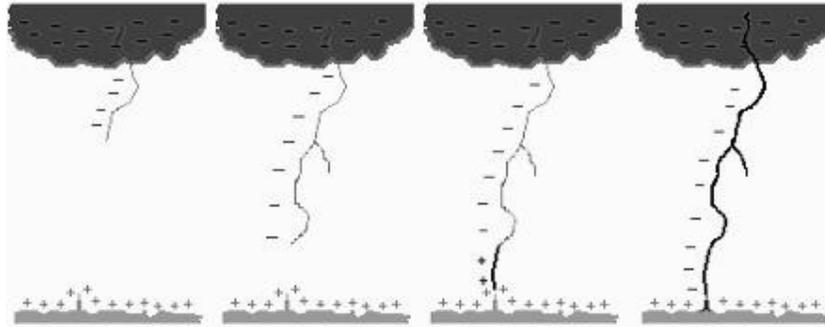


Figura 35. Formação dos raios.

Depois dessa descarga inicial (do primeiro raio), outras descargas secundárias (outros raios) costumam ocorrer, aproveitando o mesmo caminho aberto pelo líder. Estas descargas secundárias são de menor intensidade e ocorrem depois de um tempo tão curto que parecem ser um único raio. Só com câmeras de alta velocidade é possível distinguir as várias descargas.

4.1.1. Efeitos Sobre as Estruturas

O raio é um fenômeno da natureza que desde os primórdios vêm intrigando o homem, tanto pelo medo provocado pelo barulho, quanto pelos danos causados. As descargas elétricas causam sérias perturbações nas redes aéreas de transmissão de distribuição das concessionárias de energia elétrica, induzindo surtos de tensão que chegam a centenas de kV. Estes surtos de tensão podem chegar até as instalações elétricas internas, ou de telefone ou de TV a cabo, de qualquer unidade consumidora como residências, comércios, serviços industriais. Estas sobretensões podem ocorrer de dois modos:

- **Descarga direta:** o raio atinge diretamente uma rede elétrica ou telefônica, tendo um efeito devastador que gera elevados valores de sobretensões sobre os diversos circuitos.
- **Descarga indireta:** o raio cai a uma distância de até 1 quilômetro de uma rede elétrica, gerando uma sobretensão de menor intensidade do que aquela provocada pela descarga direta, mas que pode causar sérios danos. Essa sobretensão induzida acontece quando uma parte da energia do raio é transferida através de um acoplamento eletromagnético com uma rede elétrica.

Os efeitos das sobretensões, além de causar danos a pessoas e animais domésticos, podem:

- Provocar a queima total ou parcial de equipamentos elétricos ou danos à própria instalação elétrica interna e telefônica entre outros;

- Reduzir a vida útil dos equipamentos;
- Provocar enormes perdas, como a parada de equipamentos, etc.

4.2. Princípio Fundamental dos Pára-Raios

O principal objetivo da proteção contra os raios é estabelecer meios pelos quais a descarga elétrica se dirija, pelo menor percurso possível, para a Terra, sem passar junto às partes não condutoras (concreto, madeira, alvenaria, etc.)

Assim, a ação do pára-raios é dupla: a primeira, que é a função principal dos pára-raios, é evitar que os raios ocorram, utilizando o poder das pontas; a segunda, tida como função secundária ou de proteção, que é o de proporcionar um caminho para os raios que ocorrem em tempestades muito violentas e súbitas.

O **poder das pontas** consiste nas propriedades que têm as pontas metálicas de escoarem, através do ar do ambiente, as cargas elétricas com as quais estão em comunicação. O escoamento destas cargas se manifesta por centelhas luminosas.

4.2.1. Função Principal dos Pára-Raios

Quando uma nuvem se aproxima de um pára-raios, ela induz cargas de sinal contrário no solo que fica eletrizado. Se nessa região existir um pára-raios, este, também ficará eletrizado, mas devido ao poder das pontas um maior número de cargas elétricas irá se concentrar na ponta do pára-raios. E após uma certa concentração, as cargas começam a serem ejetadas das pontas dos pára-raios, tornando-se, assim, íons e elétrons livres que agora viajam pelo ar.

As nuvens atraem todas as cargas de sinal contrário que estiverem soltas no ar que, aos poucos, vão neutralizando a própria nuvem como ilustrado na Figura 36. Este processo é lento, gradual e contínuo, fazendo com que as nuvens não concentrem quantidade suficiente de carga e, com isso, não sendo capazes de provocar os raios, pois são incapazes de tornar o ar de isolante em condutor.

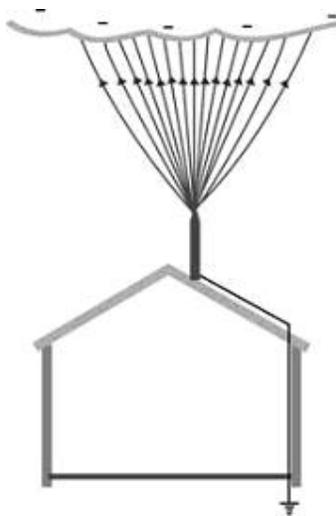


Figura 36. Função principal do pára-raio.

4.2.2. Função Secundária dos Pára-Raios

Neste caso, as nuvens de tempestades chegam muito rapidamente, ou estão com uma quantidade de carga muito elevada, fazendo com que o processo de descarga não seja lento e gradual, mas se torna rápido, o que aumenta muito a quantidade de íons na ponta do pára-raios.

Como os raios "são preguiçosos", eles sempre procuram o caminho mais fácil para chegar ao chão. Devido ao grande número de íons na ponta do pára-raios, o líder desce por esse "caminho", pois, assim, ele precisará criar um menor número de íons para fechar o "circuito" e tornar o ar um condutor como mostra a Figura 37. Como os metais conduzem melhor a eletricidade, a descarga (raio) se completará pelo pára-raios, sendo dispersada pelo solo através do aterramento.

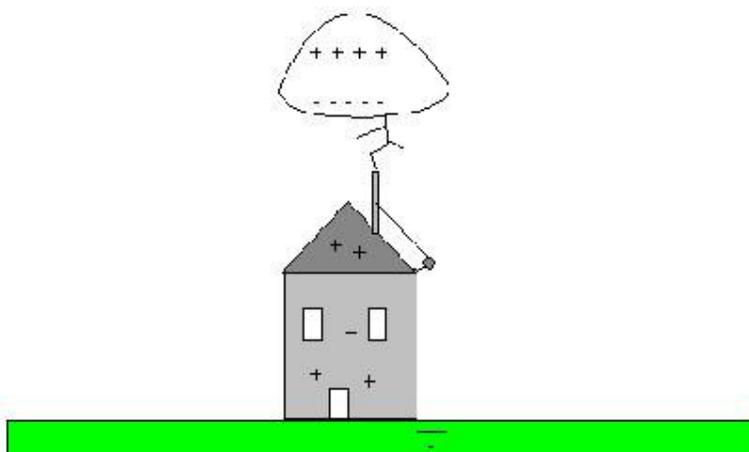


Figura 37. Função secundária do pára-raio.

4.3. Classificação dos Pára-Raios

De uma maneira geral, um bom pára-raios deve desempenhar as seguintes funções:

- Proteger os equipamentos contra sobretensões, com margem de segurança adequada;
- Limitar a corrente subsequente de 60 hz a um baixo valor;
- Eliminar a operação dos equipamentos de proteção de sobrecorrente, evitando a redução da continuidade do serviço.

Os pára-raios são escolhidos de acordo com suas tensões nominais, em função do tipo de aterramento do sistema no qual esses dispositivos serão instalados. Além deste aspecto de tensão, outras características devem ser levadas em conta, tais como a máxima tensão da descarga e máxima tensão de impulso, valores esses também fornecidos por todos os fabricantes.

Os pára-raios, de acordo com suas diferentes características nominais, são classificados pelas normas brasileiras em:

1. **série A - tipo pesado:** são aqueles adequados à proteção dos equipamentos mais pesados, tais como transformadores de força, dispositivos de comandos de alta tensão, etc.
2. **série A - tipo leve:** seu campo de aplicação é semelhante ao anterior, com a diferença que os equipamentos protegidos são de menor porte.
3. **série B:** são aqueles que se destinam à proteção de equipamentos, transformadores de distribuição e respectivos dispositivos de comando.

Segundo o tipo de captor que utilizam, os pára-raios se classificam em:

1. **Pára-raios comuns, tipo Franklin,** em homenagem ao seu inventor, Benjamin Franklin (1706-1790), o estadista e cientista norte americano que construiu o primeiro em 1760. São utilizados principalmente sobre as edificações e áreas específicas das cidades, atuando diretamente sobre as descargas atmosféricas e protegendo essas áreas de surtos de tensão e facilitando o escoamento da corrente para a terra.
2. **Pára-raios radioativos** - o captor, de forma especial ou mesmo o convencional, recebe uma certa quantidade de material radioativo com a finalidade de aumentar a ionização do ar, melhorando assim o desempenho do pára-raios. Os riscos que oferecem fizeram com que sua fabricação e utilização fossem proibidas no Brasil e a NBR 5419/93 nem sequer os menciona.

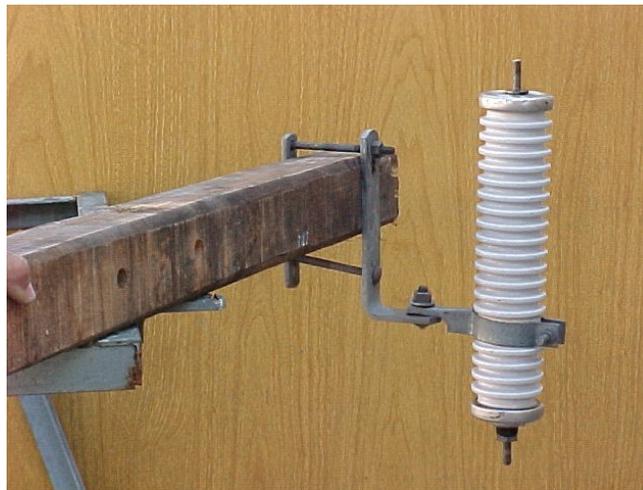


Figura 38. Pára-raios de distribuição de porcelana.

3. **Pára-raios tipo válvula** - são utilizados principalmente para proteger as redes de distribuição e transmissão de energia elétrica, bem como as subestações das concessionárias de energia. Essa denominação está relacionada com o princípio de atuação do pára-raio, haja vista que diante de um surto de tensão, do sistema ou atmosférico, ele facilita a condução da alta corrente e retém a corrente subsequente - normalizando o circuito. Neste instante, ele atua como se fosse uma válvula ao reter a corrente elétrica através de uma condição que lhe é peculiar - a alta resistência - o que corresponde a um circuito aberto. Este tipo de pára-raios é fabricado por resistores não lineares de óxido de zinco, formado por pastilhas prensadas de 3 kV cada, protegidas por isolador de porcelana (Figura 38) ou polimérico (Figura 39). Um conjunto dessas

pastilhas forma o pára-raios de tensões específicas para cada sistema (Exemplo: 12 kV, 27kV, 30kV, 66 kV, etc.).



Figura 39. Pára-raios de distribuição polimérico.

4.4. Especificações Técnicas dos Pára-Raios

Tecnicamente, o pára-raios é denominado Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), sistema destinado a proteger uma estrutura contra os efeitos das descargas atmosféricas. É formado pelos seguintes elementos:

- **Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas:** formado pelo subsistema de captores, pelo subsistema de condutores de descida e pelo subsistema de aterramento;
 - **Captor:** parte do SPDA destinado a interceptar as descargas atmosféricas. O mais usado atualmente é o tipo Franklin (Figura 40), que consiste de um conjunto de algumas hastes pontiagudas, em geral iridiadas, fixadas a uma base (mastro), onde é preso o condutor metálico denominado "cabo de descida", cuja extremidade é ligada à terra. A instalação dos pára-raios com captores comuns é apresentada na NBR-5491/93 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.

A **zona de proteção** de um captor de haste vertical é o volume de um cone tendo por vértice o ponto mais alto do pára-raios e cuja geratriz forma um ângulo de 60 graus com o eixo vertical (Figura 42). No entanto, a proteção total só será conseguida pela "gaiola de Faraday", ou seja, com o envolvimento de toda a estrutura a proteger por uma rede de pára-raios dentro do qual o campo é nulo, pois as zonas de proteção se superpõem (Figura 43). Como esta ligação é feita com vários pontos de aterramento, torna-se muito onerosa.

- **Subsistema de descida:** parte do SPDA destinada a conduzir a corrente de descarga desde o captor até a terra (Figura 41);
- **Subsistema de aterramento:** parte do SPDA destinada a conduzir e a dispersar a corrente de descarga atmosférica na terra (Figura 41);



Figura 40. Captor tipo Franklin.

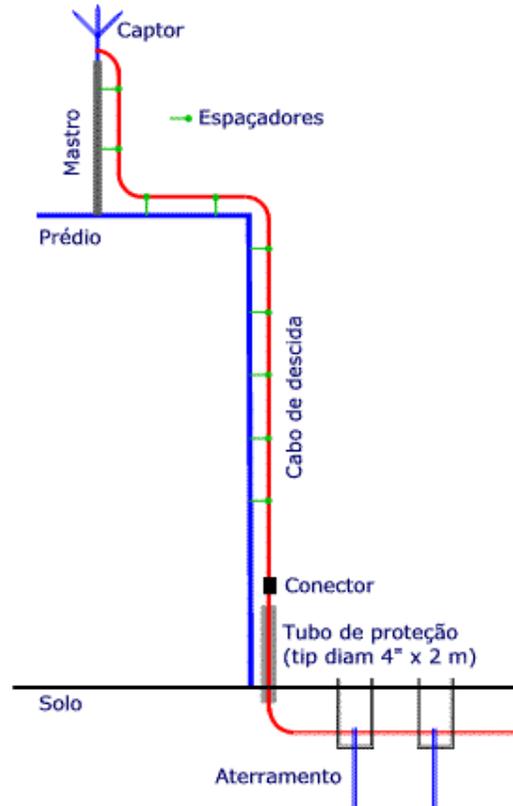


Figura 41. SPDA.

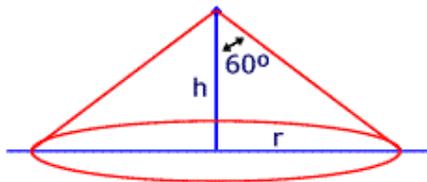


Figura 42. Zona de proteção do pára-raio.

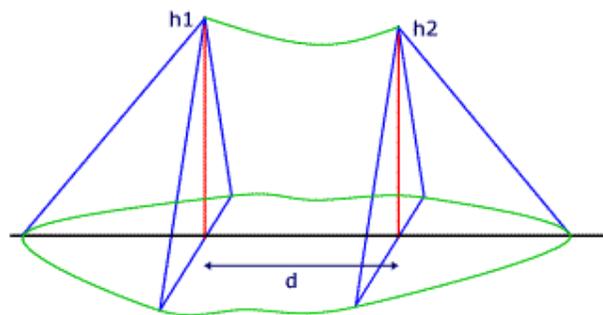


Figura 43. Gaiola de Faraday.

- **Instalações metálicas:** elementos metálicos situados no volume a proteger e que podem constituir um trajeto da corrente de descarga, tais como estruturas, tubulações, escadas, trilhos de elevadores, dutos de ventilação e ar condicionado e armaduras de aço interligadas;
- **Massa de um equipamento:** conjunto das partes metálicas eletricamente interligadas, isoladas das partes vivas, tais como invólucros de equipamentos elétricos;
- **Ligação Equipotencial:** barra condutora onde se interligam ao SPDA as instalações metálicas, as massas e os sistemas elétricos de potência e de sinal;

A fim de que os pára-raios possam executar sua função secundária e proteger as casas de um raio inevitável, estes devem ser capazes de capturar o raio e levá-lo, de maneira segura, até o

solo. Por este motivo, os captosres podem ser constituídos por uma combinação qualquer dos seguintes elementos:

- a. **Hastes ou mastros** – deverão manter-se afastados de qualquer ponto das edificações, pelo menos, $\frac{1}{4}$ da altura máxima dessas edificações, não podendo ser menor do que 2 metros;
- b. **Cabos esticados** - são, normalmente, de cobre, com seção não inferior a 35 mm^2 . Como regra geral, a descida deve ser a mais direta possível, com o mínimo de curvas. Essas, quando necessárias, devem ter raio mínimo de 20 cm. Não deve haver emendas, exceto o conector indicado próximo ao solo, que permite separar as partes para medições do aterramento. Os espaçadores devem ser usados a cada 2 m, no máximo, e proporcionar uma separação mínima de 20 cm entre cabo e prédio ou outras partes.

Número de descidas: quando se tem mais do que um captor, o número de descidas deve ser dado pelo valor máximo entre as expressões abaixo:

$$N = \frac{a + 100}{300}; N = \frac{h}{20}; N = \frac{p + 10}{60}$$

Onde N é o número de descidas; a é a área coberta do prédio em m^2 ; h é altura do prédio em m; p é o perímetro do prédio em m. Se o valor de alguma destas expressões for fracionário, ele deve ser arredondado para o inteiro imediatamente superior.

- c. **Condutores em malha ou gaiola de Faraday;**
- d. **Elementos naturais.**

Para construir um pára-raios utilizando melhor estes elementos, deve-se respeitar o nível de proteção requerida (ver Tabela 2) e utilizar métodos mais adequados ao projeto (os quais só podem ser decididos por um profissional qualificado e seguindo a NBR 5419).

5. TÉCNICAS DA EXECUÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Para se fazer uma boa instalação elétrica, é necessário primeiro saber “ler” uma planta elétrica. É através dela que se sabe onde localizar os pontos de utilização, os interruptores, o quadro geral, o quadro medidor de energia, etc.

As instalações elétricas estão divididas em três tipos principais, que são: instalação em linha aberta, instalação em eletrodutos rígidos embutidos, instalação em eletrodutos expostos e instalação em eletrodutos flexíveis, as quais serão explicadas a seguir.

5.1. Instalação em Linha Aberta

É o sistema mais primitivo de instalação elétrica, sendo usado nas ligações provisórias, nas instalações de baixo custo, ou quando não há qualquer tipo de preocupação com a estética. Os condutores correm ao longo da superfície dos tetos ou paredes, exigindo dispositivos para sustentá-los. Os dispositivos de sustentação mais usados são:

- **Cleats** - compõem-se de duas barras de porcelana, com ranhuras para conter dois ou três fios, sendo fixados por intermédio de dois parafusos (Figura 44).

- **Roldanas** - consistem num cilindro de porcelana com ranhuras para fixação do condutor (Figura 45), sendo seu uso limitado para tensões de até 600 V.

Tabela 2. Nível de proteção para vários tipos de estruturas.

Nível de Proteção	Tipos de Estruturas
I	Estruturas com risco confinado (estruturas com risco para o meio ambiente)
	Estruturas com risco para os arredores (refinarias, postos de combustível, fábricas de fogos, fábricas de munição)
	Estruturas com risco para o meio ambiente (indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios bioquímicos)
	Estruturas contendo produtos agrícolas potencialmente combustíveis (pós de grãos) sujeitos a explosão (risco para os arredores)
II	Estruturas comuns tais como: hospitais, casas de repouso e prisões (pessoas poderão ficar aprisionadas devido aos efeitos indiretos das descargas atmosféricas causando dificuldades de resgate para pessoas em tratamento ou imobilizadas)
	Estruturas comuns tais como: escolas, teatros, igrejas, lojas de departamentos e áreas esportivas (danos a instalações elétricas e possibilidade de pânico)
	Estruturas comuns tais como: bancos, seguradoras, companhias comerciais e outros (perda de dados)
	Estruturas comuns tais como: museus e locais arqueológicos (perda de patrimônio cultural insubstituível)
III	Estruturas comuns tais como: residências com efeitos de perfuração da isolação de instalações elétricas, incêndio e danos materiais (normalmente limitados a objetos no ponto de impacto ou no caminho do raio)
	Estruturas comuns tais como: indústrias com efeitos indiretos conforme o conteúdo das estruturas, variando de danos pequenos a prejuízos inaceitáveis e perda de produção insubstituível
III ou IV	Estruturas comuns tais como: fazendas e estabelecimentos agropecuários com risco direto de incêndio e tensões de passo perigosas. Risco indireto devido à interrupção de energia e risco de vida para animais devido à perda de controles eletrônicos, ventilação, suprimento de alimentação e outros

- **Tubos de passagem** - são tubos de porcelana usados nas travessias de parede ou em cruzamentos de fios.

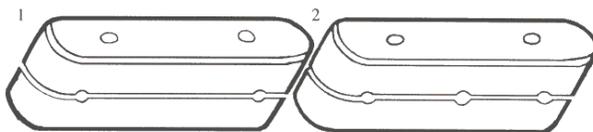


Figura 44. Cleats.



Figura 45. Roldanas.

Para a execução de instalações em linha aberta, as seguintes prescrições da NBR-5410 devem ser observadas:

- As instalações não deverão ser executadas em alturas inferiores a três metros em relação ao piso, executando-se os casos em que a linha seja fixada diretamente ao forro do compartimento com pé-direito de, no mínimo, 2,5 metros.
- Os condutores que tenham que descer, por exemplo, para interruptores, tomadas e congêneres devem ser protegidos contra ação mecânica que possa danificá-los.
- Devem-se usar condutores para isolamento de tensões de 600V, não sendo permitido o uso de condutores simplesmente cobertos tais como condutores à prova de tempo, cordões flexíveis de qualquer tipo de condutores nus.
- As ligações aos pontos de utilização deverão ser feitas por meio de dispositivos adequados tais como rosetas, receptáculos, tomadas de correntes e congêneres.
- Os condutores deverão ficar bem estirados entre os isoladores.
- O afastamento máximo entre isoladores será de 1,5 metros nos trechos retilíneos (Figura 46 e Figura 47) e nas pequenas deflexões da linha; nas deflexões maiores de 30° serão usados dois isoladores afastados mais ou menos 10 centímetros entre si (Figura 49), um antes e outro depois da deflexão.

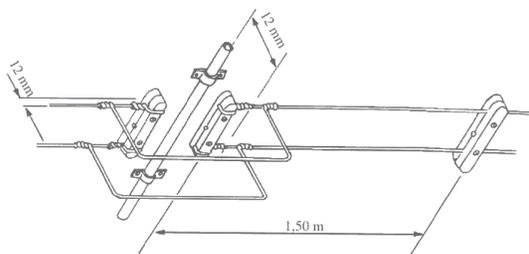


Figura 46. Afastamento máximo entre isoladores (cleats).

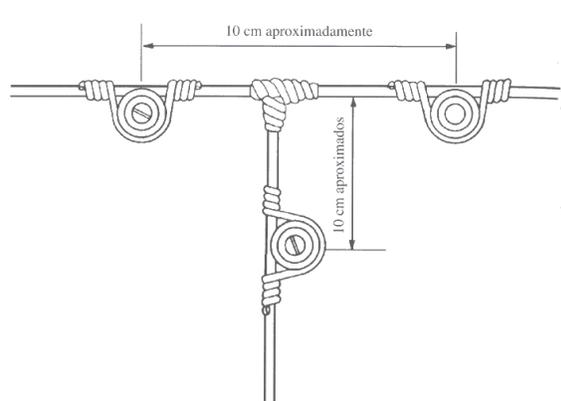


Figura 47. Espaçamento entre roldanas.

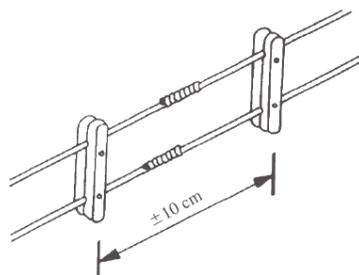


Figura 48. Emenda em prolongamento.

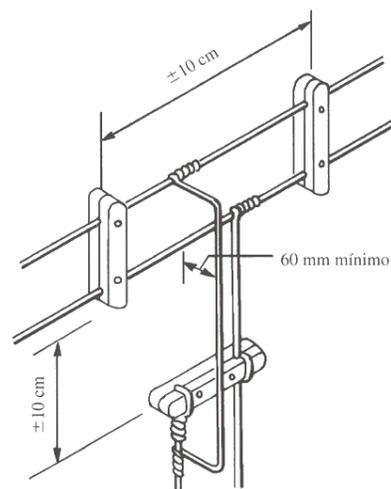


Figura 49. Emenda em derivação.

- As emendas e derivações deverão ser isoladas a estanho ou feitas com conectores apropriados, devendo ser contidas entre isoladores, afastados, mais ou menos, 10 centímetros entre si (Figura 48), tanto na linha principal quanto nas derivações.

5.2. Instalações em Eletrodutos Rígidos

Neste tipo de instalação, os condutores correm no interior de uma rede de tubos e a sua característica principal é que podem ser substituídos com facilidade em qualquer ocasião. Os tubos ficam geralmente embutidos nas paredes, lajes e pisos, e são colocados antes da execução da alvenaria ou colocação do concreto. A rede de tubos deve ser eletricamente contínua e sempre ligadas à terra para ser assegurado o potencial zero ao longo de toda a tubulação.

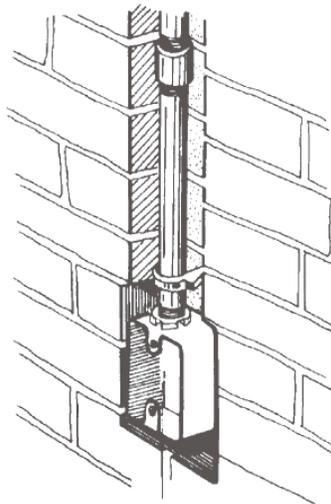


Figura 50. Instalação em eletroduto rígido.

O material usado na instalação em eletrodutos rígidos se compõe de:

1. **Eletroduto:** é um tubo de aço com roscas abertas nas extremidades, permitindo as emendas e as ligações com as caixas. São encontradas no comércio em varas de 3 m de comprimentos e com diâmetro variando de $\frac{1}{2}$ polegadas a 3 polegadas.
2. **Caixas:** são feitas de aço e geralmente estampadas, não tendo emendas ou costuras; apresentam furos guarnecidos por "vinténs", que uma vez retirados, por simples pressão, permitem introdução dos tubos. As caixas apresentam geralmente dois diâmetros de fiação: de $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ de polegada, e são providas de orelhas que se destinam a fixar a aparelhagem que vai trabalhar dentro delas. As caixas mais usadas são:
 - de centro - geralmente enquadradas (3"x 3") ou oitavada.
 - de aparelho - é destinada a abrigar os aparelhos de utilização ou de manobra. Os tipos comerciais são de 4"x 2" e 4"x 4".
3. **Curva:** é um pedaço de eletroduto curvado na fábrica. Geralmente, são utilizados os diâmetros acima de 1", pois os eletrodutos até 1" podem ser dobrados na obra.
4. **Luvas:** servem para emendar dois tubos de topo.

5. **Porcas ou arruelas e buchas:** Servem para fixar o tubo à caixa; a bucha, além de fixar a caixa internamente, protege o isolamento dos condutores contra as arrestas.

Nas instalações em eletrodutos rígidos, devem ser observadas as seguintes prescrições:

1. Em todos os pontos de emenda e derivação de condutores devem ser usadas caixas, assim como todos os pontos de instalação de aparelhos e dispositivos.
2. Nos trechos retilíneos de eletrodutos deve haver, no mínimo, uma caixa a cada 15 metros, isto para facilitar a enfição; nos trechos em curva o espaçamento deve ser reduzido para 3 metros para cada curva de 90°.
3. Só se devem usar condutores isolados para tensões de 600 volts e que tenham resistência à abrasão, tais como os isolados com revestimento plástico ou borracha coberta com duas capas de algodão. Não é permitido o emprego de condutores à prova de tempo e cordões flexíveis.
4. Os condutores devem ser contínuos de caixa a caixa, isto é, sem emendas; as emendas e derivação devem ficar colocadas dentro das caixas. Não deverão ser enfiados em eletrodutos rígidos condutores emendados ou cujo isolamento tenha sido danificado e repostos com fita isolante ou outro material.
5. Para facilitar a enfição usam-se fios ou fitas metálicas, podendo-se usar talco, parafina ou outros lubrificantes que não prejudique o isolamento.
6. Durante a concretagem das lajes, deve-se evitar o preenchimento das caixas com pó de madeira e deve-se evitar quebrar ou esmagar as tubulações.

5.3. Instalações em Eletrodutos Expostos

Este tipo de instalação é muito usado em prédios comerciais ou industriais, aliando segurança à flexibilidade, ou seja, possibilita adaptações e novos arranjos dos equipamentos sem grandes gastos. Neste caso, as caixas de passagem e de instalações de tomadas e interruptores são caixas especiais de alumínio, denominadas condulettes (Figura 51).



Figura 51. Condulettes.

Os condulettes possuem roscas internas de $\frac{1}{2}$ até 4 polegadas que permitem a ligação direta dos dutos sem necessidade de buchas e arruelas. Os condutores utilizados podem ser simples, duplo, triplo e quádruplo, permitindo arranjos com tomadas simples, duplas, interruptores e tomadas, botões de comando, etc.

5.4. Instalações em Eletrodutos Flexíveis (conduítes)

Instalações deste tipo são usadas, segundo a NBR-5410, nas extensões feitas nas instalações de eletrodutos rígidos, para ligação de motores e outros aparelhos fixos sujeitos a vibração. Não deverão ser empregados eletrodutos flexíveis nas instalações embutidas, nas localizações perigosas e nas instalações feitas nas partes externas dos edifícios ou sobre quaisquer estruturas expostas ao tempo.

Os eletrodutos flexíveis não podem ser emendados, isto é, devem ser contínuos de caixa a caixa, sendo fixados por meio de braçadeiras em distâncias inferiores a 80 cm.

6. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

AZEREDO, Hélio A. O Edifício e Seu Acabamento. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BORGES, Alberto de C. Prática das Pequenas Construções. V. II. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

CREDER, Hélio. Manual do Instalador Eletricista. Rio de Janeiro: LTC, 1995.

CREDER, Hélio. Instalações Elétricas. Rio de Janeiro: LTC, 1986.

RODRIGUES, João L. Materiais Elétricos. Escola Técnica Eletro-Mecânica da Bahia, 2003.

Sites:

<http://www.ufv.br/dea/ambiagro/arquivos/eletricas.pdf>

http://leee01.labeeee.ufsc.br/ruther/arquivos/instalacoes_www.doc

<http://www.martins-internacional.com.br/aterramento.htm>

<http://www.tortelli.com.br/aterramento.html>

<http://www.jabu.com.br/>

<http://www.antares.com.br/~multweld/produtos/porque.htm>

<http://www.unicamp.br/cemeq/engenharia/treinamentos/aterramento.html>

<http://www.siemens.com.br/upfiles/608.pdf>

<http://www.coltec.ufmg.br/alunos/270/raios/index4.html>