



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ENERGIA E
AUTOMAÇÃO ELÉTRICAS**

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

PEA - LABORATÓRIO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS

Código: PR1

ÍNDICE

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS	02
1. OBJETIVOS	02
2. ELEMENTOS CONSTITUINTES DAS INSTALAÇÕES PREDIAIS	02
3. TIPOS DE INSTALAÇÕES PREDIAIS E MATERIAIS UTILIZADOS	07
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	07
3.2 INSTALAÇÕES EMBUTIDAS	10
3.3 OUTROS TIPOS DE INSTALAÇÃO	19
4. DIAGRAMA UNIFILAR.....	23
4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	23
4.2 CIRCUITO ELÉTRICO	23
4.3 CIRCUITO FÍSICO	25
4.4 SIMBOLOGIA	26
4.5 TIPOS DE COMANDO	28
5. PROJETO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS	33
5.1 NORMAS E SÍMBOLOS	33
5.2 COMPOSIÇÃO DE UM PROJETO	33
5.3 ETAPAS DO PROJETO	35
6. LOCAÇÃO DOS PONTOS DE CONSUMO	37
6.1 PONTOS DE LUZ	37
6.2 TOMADAS	37
6.3 INTERRUPTORES	38
7. TRAÇADO E DIAGRAMA UNIFILAR	38
7.1 CRITÉRIOS GERAIS	38
7.2 CARGAS DOS PONTOS	39
7.3 DIVISÃO DOS CIRCUITOS	42
8. DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS PARCIAIS (OU TERMINAIS) E DE ALIMENTADORES	43
8.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	43
8.2 DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS PARCIAIS (TERMINAIS).....	44
8.3 DIMENSIONAMENTO DE ALIMENTADORES	46
8.4 VERIFICAÇÃO DA QUEDA DE TENSÃO	49
9. DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO	52
9.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	52
10. DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS	53

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS

1. OBJETIVOS

São objetivos deste texto os seguintes tópicos:

- Conhecimento de materiais utilizados em instalações elétricas prediais;
- Familiarização com normas de projeto;
- Representação da instalação através de simbologia adequada;
- Correspondência da instalação física e diagrama unifilar;
- Identificação de falhas de projeto e de execução e de suas consequências.

Em sequência são apresentadas as principais etapas de um projeto de instalações elétricas prediais.

2. ELEMENTOS CONSTITUINTES DAS INSTALAÇÕES PREDIAIS

Toda instalação elétrica predial é constituída de uma série de componentes os quais, de um modo geral, estão representados pelo diagrama de blocos da figura 2.1, onde se observa:

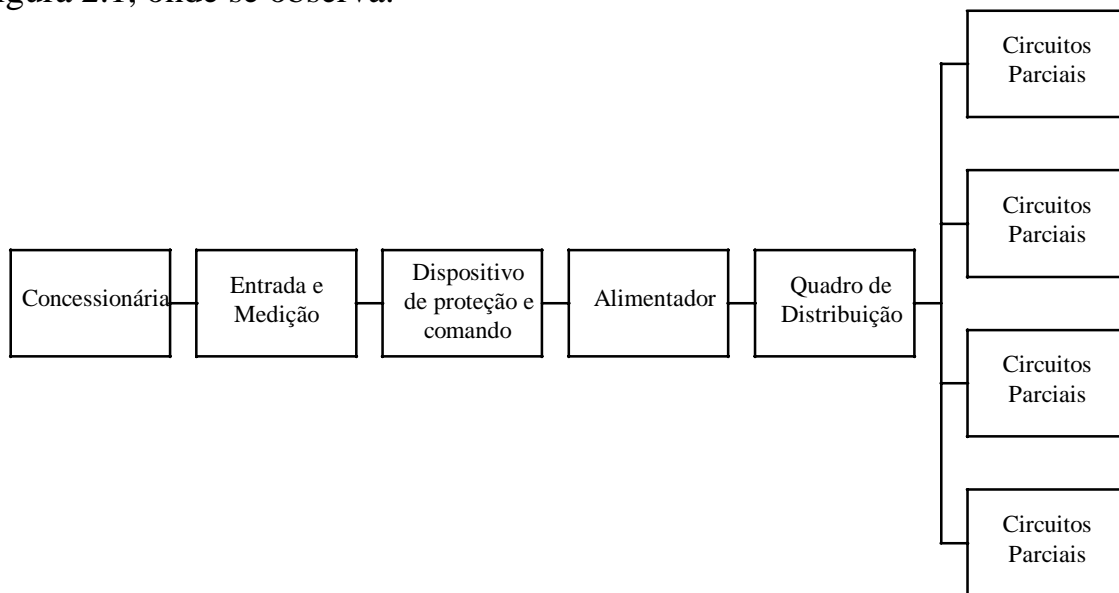


Figura 2.1 - Diagrama de blocos de uma instalação

a) Entrada e Medição

Entrada é definida como sendo a parte da instalação compreendida entre o “ponto de entrega” da concessionária e o equipamento de medição; entendendo-se por ponto de entrega o ponto de junção das linhas da concessionária e a instalação da residência, fisicamente situado na intersecção das linhas elétricas com a divisa do terreno. Existem as seguintes modalidades de entrada:

- entrada aérea, em zona de distribuição aérea.
- entrada subterrânea em zona de distribuição subterrânea.
- entrada subterrânea em zona de distribuição aérea (futura zona subterrânea).

Medição é constituída pelo medidor de energia elétrica, que se destina a computar a quantidade de energia elétrica consumida pela instalação.

A execução da Entrada e da Medição deve ser feita em conformidade com as regras e normas estabelecidas pela concessionária local de energia elétrica.

b) Dispositivo de Seccionamento, Proteção/Comando e Alimentador

A medição é sempre executada o mais próximo possível do ponto de entrega, portanto, a fim de se levar a energia aos pontos de utilização deve-se lançar mão de uma linha que interligará o quadro de medição ao quadro de distribuição dos circuitos do consumidor. A essa linha dá-se o nome de “alimentador”. A proteção desse alimentador contra sobrecargas, bem como a interrupção do fornecimento de energia, pode ser efetuada através de um dispositivo adequado, como por exemplo: uma chave de faca com fusíveis ou um disjuntor com elemento de proteção térmica e eletromagnética.

c) Quadro de Distribuição

O quadro de distribuição destina-se a receber o alimentador e por meio de barramento conveniente, alimentar os dispositivos de proteção e de comando dos diversos circuitos parciais da residência.

As figuras 2.2 e 2.3 apresentam esquemas típicos de quadros, ressaltando-se que chaves e fusíveis podem ser substituídos por disjuntores eletromagnéticos, e em nenhuma hipótese deve-se colocar fusíveis ou disjuntores

eletromagnéticos no neutro. Nota-se que é permitido que o quadro de seccionamento não apresente dispositivo geral de proteção quando o alimentador é exclusivo.

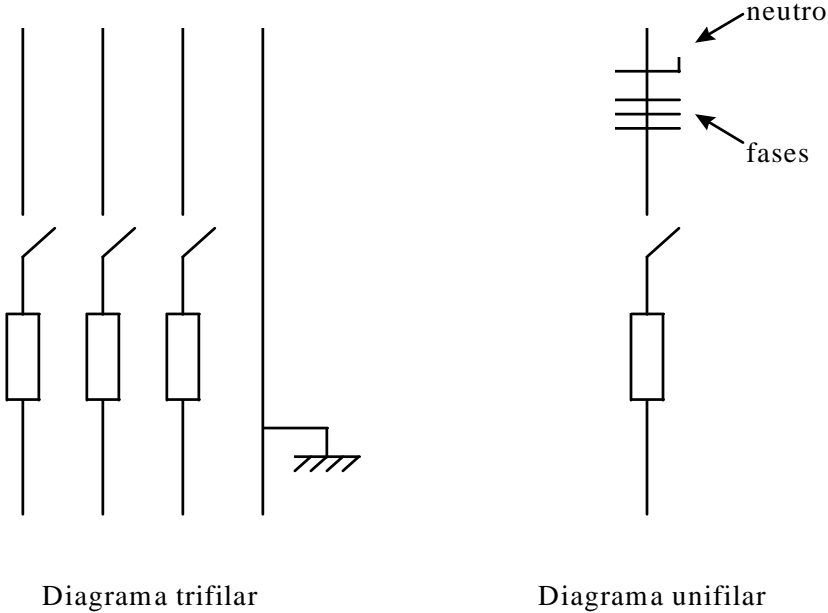
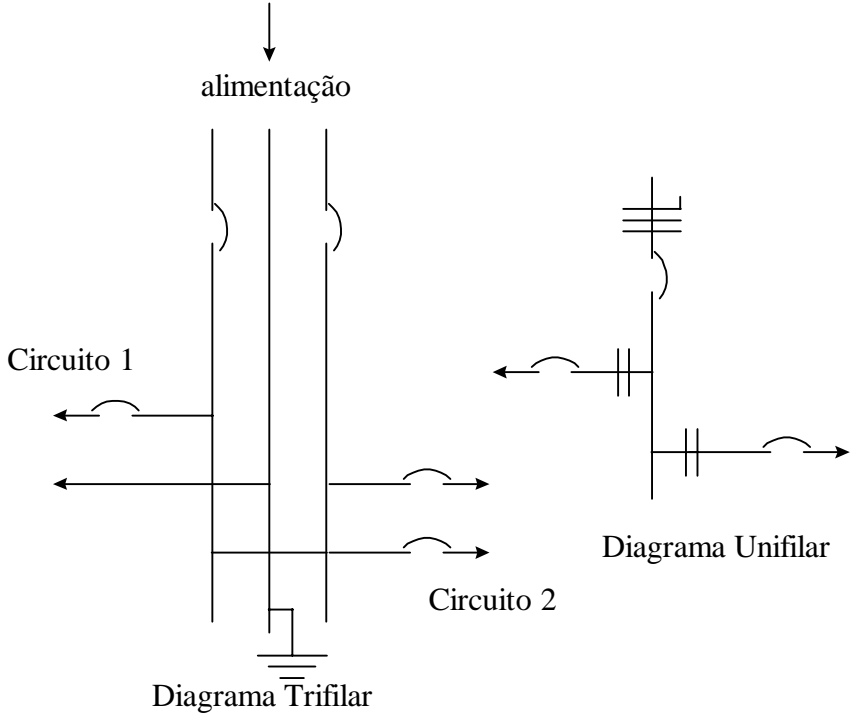
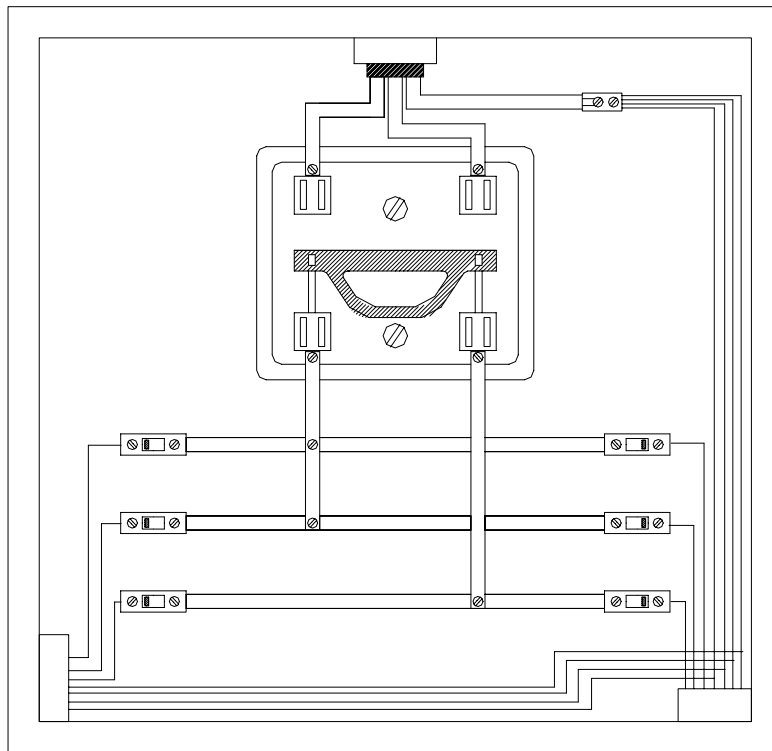


Figura 2.2 - Quadro de seccionamento trifásico com neutro





□

Figura 2.3 - Quadro de distribuição

d) Circuitos Parciais

Numa instalação elétrica a confiabilidade está diretamente relacionada com o número de circuitos parciais que a compõem, senão vejamos:

- Se ligarmos todas as cargas em um só circuito, teremos a instalação mais econômica possível, em compensação, um defeito em qualquer carga ou local, colocará toda a instalação indisponível.
- Por outro lado, se ligarmos cada uma das cargas em um circuito independente, teríamos o maior nível de confiabilidade possível, porém o custo da instalação seria o mais caro.

O ponto de equilíbrio é dividir o suprimento das cargas em vários circuitos parciais, obedecendo alguns critérios:

- Circuitos independentes para iluminação e tomadas.
- Cargas de maior potência em circuitos independentes, por exemplo: fogão elétrico, chuveiros, torneiras elétricas, ar condicionado, etc. A norma NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão, recomenda que cargas com corrente nominal acima de 10 A tenham circuitos independentes.
- Usualmente, em instalações residenciais, limita-se a potência instalada em iluminação e tomadas em 1500 W, pois isto permite, via de regra, a utilização de condutor de 1,5 mm².

A figura 2.4 ilustra, com um exemplo, a divisão de uma instalação em circuitos parciais.

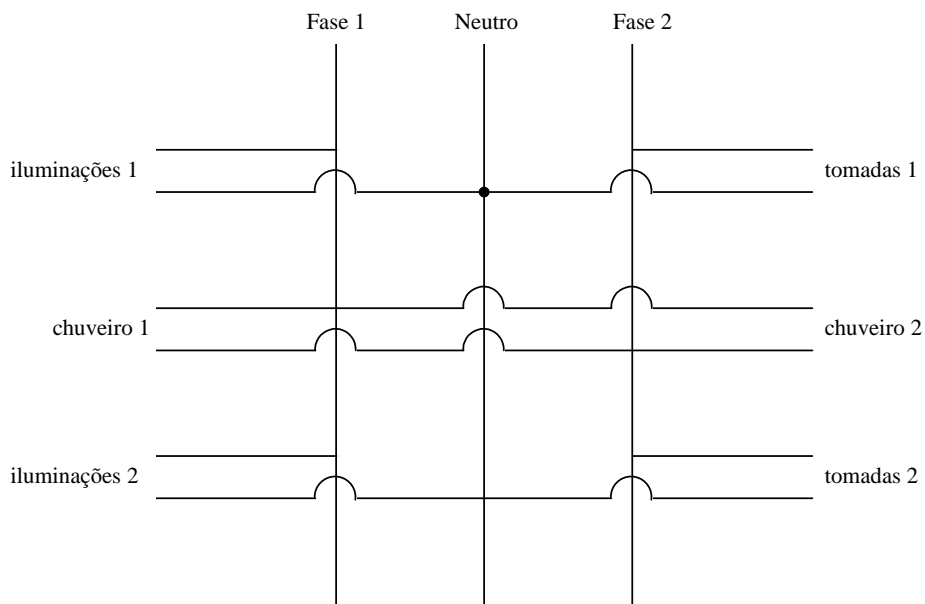


Figura 2.4 - Circuitos parciais em uma instalação

3. TIPOS DE INSTALAÇÕES PREDIAIS E MATERIAIS UTILIZADOS

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Uma instalação elétrica é composta basicamente de uma rede de fios condutores e demais equipamentos que suportam e permitem a proteção e o acionamento dessa rede para suprir as cargas.

Salvo aplicações particulares, os fios condutores devem ser de cobre e com isolamento de natureza plástica, para no mínimo 600 V.

As instalações podem ser classificadas de acordo com o tipo de rede utilizada, cuja escolha é função do ambiente e da modalidade das cargas a serem atendidas.

Este trabalho não pretende esgotar o assunto, apresentando somente os elementos suficientes para a familiarização com os tipos de materiais utilizados com maior frequência em instalações prediais. O leitor poderá suplementar o conhecimento adquirido através de consulta a normas específicas.

A seguir apresenta-se uma classificação de aplicações que a Norma NBR 5410 estabelece, com relação ao ambiente e à utilização das instalações elétricas, e os materiais empregados na construção.

Com relação ao ambiente são considerados:

- Temperatura ambiente (distinção para câmaras frigoríficas e prédios);
- Altitude;
- Presença (ou não) de água;
- Presença (ou não) de poeira ou poluição;
- Presença (ou não) de substâncias corrosivas;
- Ausência (ou não) de choques mecânicos e vibrações;
- Presença (ou não) de flora, fauna e mofo.

Com respeito a utilização:

- Competência das pessoas que utilizam as instalações;
- Contatos das pessoas com o potencial de terra;

- Condições de fuga em emergência;
- Natureza dos materiais guardados.

Quanto aos materiais empregados nas construções e à estrutura dos prédios considera-se a presença ou não de materiais combustíveis, além de aspectos referentes aos riscos de movimento de paredes (exemplos: toldos, divisórias móveis etc.).

As instalações elétricas prediais são predominantemente do tipo “embutido”, justificando o maior interesse por esse tipo, neste trabalho, não obstante outros tipos (instalações aparentes, em canaletas, enterradas, aéreas, etc.) são mencionadas no final deste capítulo.

Os tipos de linha e de instalação previstos em normas são:

a) Quanto à escolha da linha

Condutores e Cabos	MÉTODO DE INSTALAÇÃO							
	Eletroduto	Moldura	Diretamente Fixados	Bandeja Escada para cabos Prateleira	Suporte	Calha	Direto (sem fixação)	Sobre Isoladores
Condutores isolados	+	+	-	-	-	+	-	+
Cabos unipolares	+	+	+	+	+	+	+	+
Cabos multipolares	+	0	+	+	+	+	+	0
Cabos multiplexados (auto-sustentados)	-	-	+	-	-	-	-	+
Condutores nus	-	-	-	-	-	-	-	+

Indicações: (+) = Permitido

(-) = Não Permitido

(0) = Não aplicável ou normalmente não usado na prática

Tabela 3.1 - Escolha de Linha Elétrica

b) Quanto à instalação da linha

Montagem	MÉTODO DE INSTALAÇÃO							
	Eletroduto	Moldura	Diretamente Fixados	Bandeja Escada	Suporte	Calha	Direto (sem)	Sobre Isoladores

				para cabos Prateleira			fixação)	
Aparente	B1,C4	B3	C1	H,J,K,L,M N,P,Q	L,Q	B2,C5	-	E,F,G
Embutido	A1,B5	-	-	-	-	-	A2,C2	-
Poço	B1	0	C1	K,P	L	B2,C5	-	-
Canaleta	A3,B4	-	C1	H,J,K,L,M N,P,Q	L	0	C3	-
Espaço de construção	B1	-	C1	H,J,K,L,M N,P,Q	L	B2,C5	-	-
Bloco alveolado	0	-	-	-	-	-	B5	-
Enterrado	D1	-	-	-	-	-	D2	-
Aéreo	-	-	-	-	-	-	-	E,F,G

Indicações: Permitido (indicado o número referente à Tabela 3.3)

(-) = Não Permitido

(0) = Não usado normalmente na prática

Tabela 3.2 - Instalação de Linha Elétrica

c) Quanto aos tipos de linhas elétricas

REF	DESCRIÇÃO
A	1 Condutores isolados, cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto embutido em parede termicamente isolante
	2 Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em parede isolante
	3 Condutores isolados, cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto contido em canaleta fechada
B	1 Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente
	2 Condutores isolados ou cabos unipolares em calha
	3 Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura
	4 Condutores isolados, cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto contido em canaleta aberta ou ventilada
	5 Condutores isolados, cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto embutido em alvenaria
	6 Cabos unipolares ou cabo multipolar contido(s) em blocos alveolados
C	1 Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente fixados em parede ou teto
	2 Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) (diretamente) em alvenaria
	3 Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta aberta ou ventilada
	4 Cabo multipolar em eletroduto aparente
	5 Cabo multipolar em calha
D	1 Cabos multipolares ou cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo
	2 Cabos unipolares ou cabo multipolar enterrado(s) (diretamente) no solo
	3 Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta fechada

E	-	Cabo multipolar ao ar livre
F	-	Condutores isolados e cabos unipolares agrupados ao ar livre
G	-	Condutores isolados e cabos unipolares espaçados ao ar livre
H	-	Cabos multipolares em bandejas não perfuradas ou em prateleiras
J	-	Cabos multipolares em bandejas perfuradas
K	-	Cabos multipolares em bandejas verticais perfuradas
L	-	Cabos multipolares em escadas para cabos ou em suportes
M	-	Cabos unipolares em bandejas não perfuradas ou em prateleiras
N	-	Cabos unipolares em bandejas perfuradas
P	-	Cabos unipolares em escadas para cabos ou em suportes
Q	-	Cabos unipolares em escadas para cabos ou em suportes

Tabela 3.3 - Tipos de Linhas Elétricas

A seguir são efetuados alguns comentários sobre instalação elétrica com uso de eletrodutos.

3.2 INSTALAÇÕES EMBUTIDAS

Esta modalidade de instalação apresenta normalmente a rede de fios condutores disposta internamente a uma rede composta por eletrodutos (tubos metálicos ou de PVC) e caixas de passagens, que por sua vez, são montados no interior das paredes, pisos, e tetos da edificação. Em alguns casos os cabos são fixados diretamente. A figura 3.1 ilustra o tipo de instalação em eletrodutos.

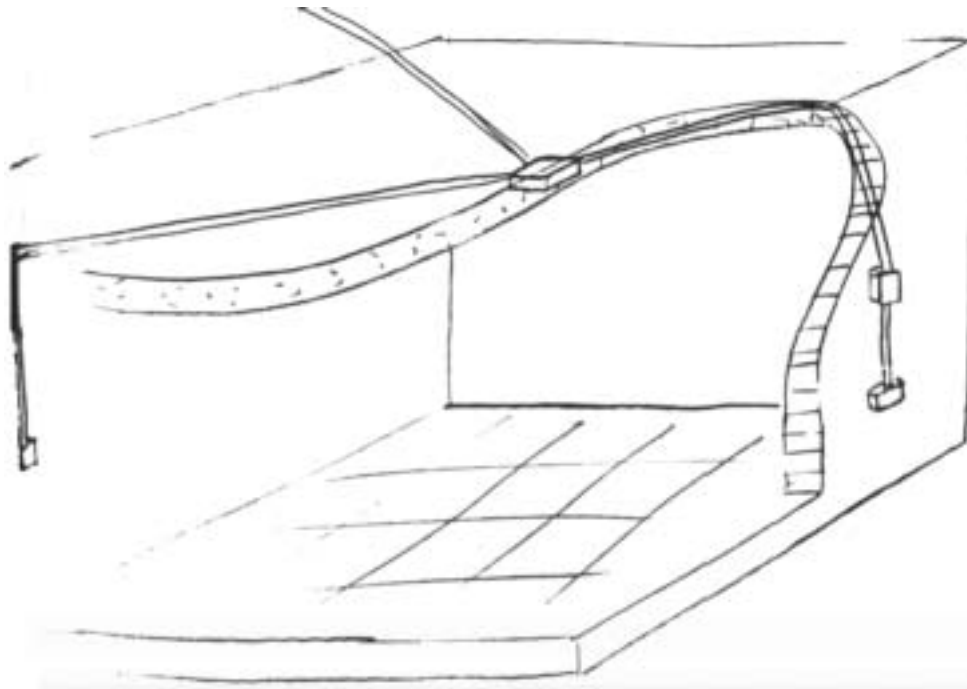


Figura 3.1 - Instalação embutida

Os principais materiais utilizados nesse tipo de instalação, dentre outros, são:

- quadros;
- eletrodutos e curvas;
- caixas;
- interruptores e tomadas.

que passam a ser descritos a seguir:

a) **Eletrodutos**

Os eletrodutos mais usuais são constituídos de tubos metálicos ou de plástico (PVC), disponíveis em barras de 3 m, com diâmetros externos variando de 17 mm a 168 mm, havendo padronizado pelas normas brasileiras as principais dimensões (diâmetro externo, espessura da parede) para os tipos de aço-carbono e PVC.

A rede de “barras” de eletrodutos se conecta através de luvas, curvas ou caixas de passagem. As emendas ou conexões dos fios condutores com os equipamentos constituintes da instalação devem ser efetuados exclusivamente em caixas de passagens.

Há limitações nos comprimentos dos trechos e dos números de curvas entre caixas de passagens:

- Deve haver no máximo 15 m de tubulação entre duas caixas, contando-se 3 m por cada curva de 90° existente;
- É permitida a existência de no máximo de 3 curvas de 90 graus entre duas caixas de passagem. Quando não são utilizados eletrodutos curvos especialmente fabricados para este fim, é possível, mediante o uso de técnicas específicas, obter-se na própria obra, eletrodutos curvos a partir de barras lineares. Entretanto, cuidados devem ser tomados para que o diâmetro interno do eletroduto não seja efetivamente reduzido.

Há várias recomendações, sobre eletrodutos, previstas em norma (vide capítulo 10) que devem ser obedecidas, tratando por exemplo, de:

- área a ser ocupada pelos condutores, internamente ao eletroduto;
- raio mínimo de curvatura do eletroduto;
- distância máxima entre dois pontos de fixação de um eletroduto;
- emendas;
- instalações em lajes concretadas;
- uso de juntas de dilatação;
- utilização de juntas pré-fabricadas;
- número máximo de condutores em eletroduto;
- cuidados na introdução de condutores na rede de eletrodutos.

b) Caixas

As caixas constituem os suportes físicos para a fixação de equipamentos (luminárias, interruptores, etc.), além de permitirem o acesso aos condutores da instalação elétrica e possibilitarem as derivações de eletrodutos e a passagem nos trechos mais longos.

As caixas mais usuais são fabricadas em chapas de ferro e alguns tipos de PVC reforçado.

Deverão ser empregadas caixas:

- em todos os pontos de entrada e saída dos condutores na canalização exceto nos pontos de transição ou de passagem de linhas abertas para linhas em condutores; os quais nestes casos, deverão ser arrematados com buchas terminais adequadas;
- em todos os pontos de emendas ou derivação de condutores;
- em todos os pontos de instalação de aparelhos ou dispositivos;
- para dividir a instalação em trechos não maiores do que aqueles especificados por norma.

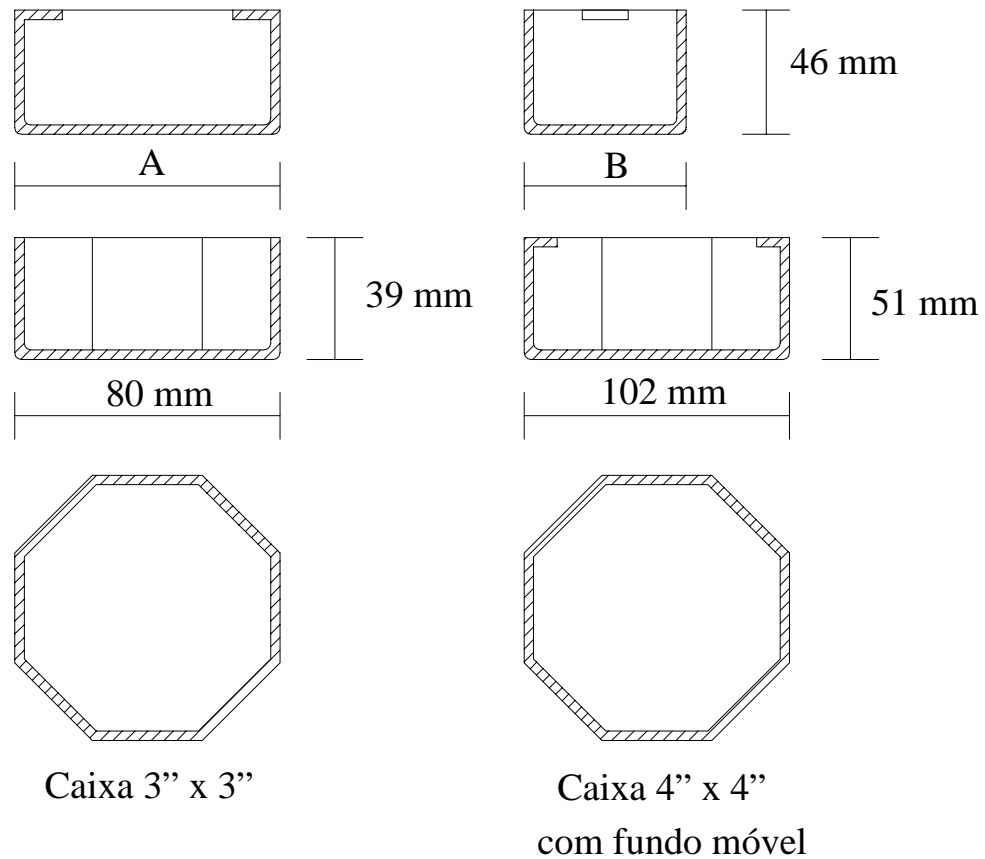
As caixas que contiverem interruptores, tomadas e congêneres deverão ser fechadas pelos espelhos que complementam a instalação desses dispositivos.

A distância entre duas caixas deve ser tal, que permita a enfição dos condutores, devendo ter espaço suficiente para que os condutores e emendas caibam folgadoamente dentro das caixas depois de colocadas as correspondentes tampas.

Os principais tipos de caixas existentes são:

- retangulares
- quadrada
- octogonal
- octogonal com fundo móvel

As três primeiras são utilizadas como caixa de passagem ou como receptáculo para tomadas e/ou interruptores; a octogonal destina-se para a interligação do eletroduto com as arandelas, enquanto que as caixas com fundo móvel são utilizadas como caixas de derivação, de passagem ou de suporte para luminárias, embutidas em lajes.



	2" x 4"	4" x 4"	6" x 4"
A (mm)	102	102	152
B (mm)	58	102	102

Exemplos de caixas

Figura 3.2 - Caixas de Derivação e de Passagem. Disponíveis no Mercado

Existem, ainda, caixas especiais, de maiores dimensões, para alojar chaves ou permitir a passagem e conexão de cabos com grandes bitolas. Além dessas caixas existem aquelas padronizadas pelas Companhias Concessionárias, destinadas a abrigar os equipamentos de entrada e medição.

c) Condutores

Os condutores utilizados em instalações prediais são, salvo exceções muito particulares, de cobre, isolados por composto plástico.

Os condutores são usualmente identificados pela sua seção reta expressa em mm^2 . O condutor com menor seção reta utilizado em instalações prediais, apresenta seção de $1,5 \text{ mm}^2$, para circuitos de luz e tomadas e $2,5 \text{ mm}^2$ para circuitos de força (motores).

Há um tópico específico tratando de cabos, em outra apostila.

d) Interruptores e Tomadas

Os interruptores são dispositivos (figura 3.3) que se prestam ao controle de abertura ou fechamento de um circuito (ou parte dele) que supre uma carga (por ex.: iluminação ou outro uso doméstico qualquer), atuando diretamente por efeito mecânico no circuito dos condutores.

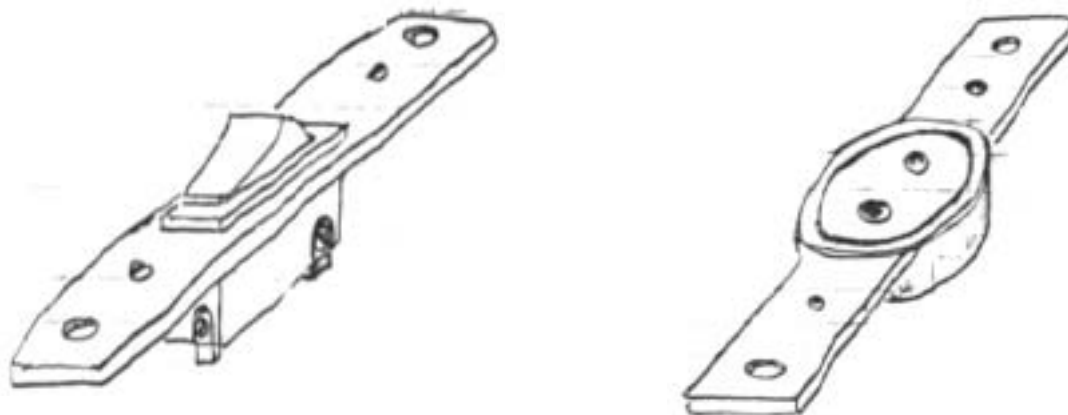


Figura 3.3 - Interruptores e tomadas

A utilização de interruptores é restrita a cargas limitadas (em geral a 10 A). O acionamento de cargas de maior porte é geralmente realizado por relés ou chaves magnéticas.

Há vários tipos de interruptores:

- simples, que permitem o controle de uma carga de um ponto;
- duplos (ou triplos), que através de 2 (ou 3) comandos independentes permitem o controle de 2 (ou de 3) cargas de um só ponto;
- paralelos, que possibilitam, através da utilização da instalação de dois interruptores desse tipo, em dois pontos diferentes, o comando de uma carga de cada um desses pontos;
- intermediários, utilizados em um “circuito paralelo”(item anterior), permitem o controle de uma carga de vários pontos diferentes.

Além desses, estão disponíveis no mercado dispositivos interruptores que permitem temporização na atuação e variação na intensidade da luminária que atende.

As tomadas, por sua vez, são dispositivos que permitem a conexão dos condutores de um circuito com um equipamento elétrico, de modo prático e seguro.

Usualmente as tomadas disponíveis no mercado tem capacidade para 10 A a 20 A.

Existem tomadas com 2 e 3 pinos, sendo que o terceiro pino desta última, se presta a ligação do condutor terra que propicia segurança ao usuário, em situações em que ocorrem certos tipos de anormalidades.

e) Chaves Seccionadoras

As chaves seccionadoras se prestam para comandar circuitos ou conjuntos de circuitos, a partir dos quadros de distribuição.

Há três tipos de chaves seccionadoras utilizados em instalações prediais:

- chaves de faca;
- chaves seccionadoras fusíveis;
- chaves interruptoras.

As chaves de faca (figura 3.4) são constituídas por lâminas de cobre articuladas, montadas sobre uma base de ardósia, mármore ou louça, que podem dispor ou não de porta fusíveis, em geral do tipo cartucho.

As especificações de uma chave de faca são composta de:

- tensão nominal;
- corrente nominal;
- número de lâminas;
- especificação dos porta-fusíveis (quando houver).

Dispõe-se de chaves de faca com 2 ou 3 lâminas com tensões de 250 V ou 600 V, com correntes nominais diversas.

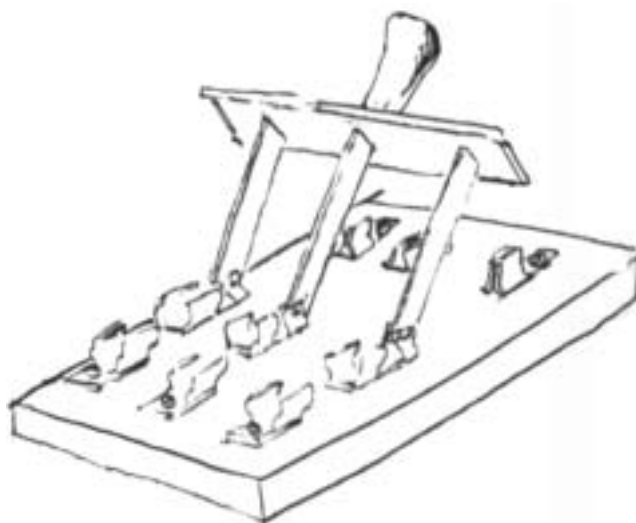


Figura 3.4 - Chave de faca com porta fusível

As chaves seccionadoras fusíveis (figura 3.5) são caixas moldadas em plásticos rígidos, constituídas de uma tampa móvel que contém os fusíveis e se encaixa em uma base fixa, na qual são fixos os contactos de pressão que abrigam as lâminas condutoras solidárias com a tampa.



Figura 3.5 - Chave seccionadora fusível

Enquanto que as chaves de faca e as chaves fusíveis apresentam abertura de ação lenta, as chaves interruptoras (figura 3.6) operam sob a ação de molas, proporcionando uma abertura rápida do circuito. Isto dificulta a formação e a permanência de arcos voltagem. Algumas dessas chaves (interruptoras) apresentam câmaras de extinção de arco, que são dispositivos montados na região onde podem ser formar arcos durante a abertura do circuito, para extingui-los, se ocorrerem.

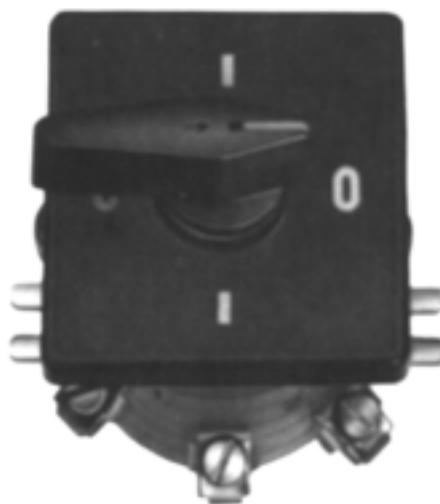


Figura 3.6 - Chave interruptora

Encontram-se no mercado, chaves interruptoras rotativas de 25A a 400A, dentre outras.

f) Fusíveis e Interruptores

Estes dispositivos são tratados em tópicos específicos, neste curso.

3.3 OUTROS TIPOS DE INSTALAÇÃO

a) Instalações Abertas com Condutores em Isoladores

Este tipo de instalação (figura 3.7) apresenta a rede de condutores suportada por isoladores que, por sua vez, são fixados em paredes, tetos, vigas de telhado, etc. Não se deve proceder a execução de instalações desse tipo em habitações, garagens comerciais, teatros, estúdios cinematográficos, poços de elevadores e “ambientes potencialmente agressivos” (loais onde existem líquidos ou vapores de gases combustíveis, bem como metais ou fibras combustíveis, como por exemplo: tecelagem).

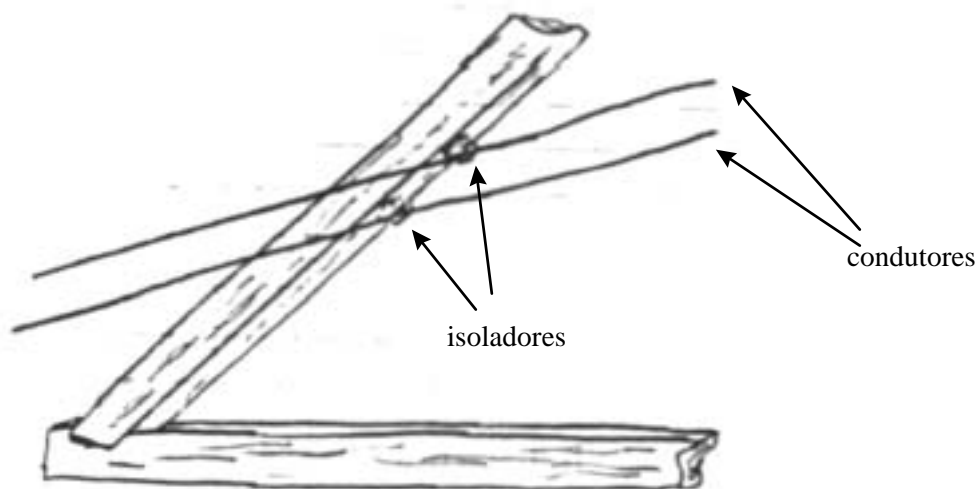


Figura 3.7 - Instalação Aberta

Nas instalações abertas os condutores deverão obedecer as seguintes condições:

- colocar fora do alcance conforme a norma NBR 5410;
- estar em contato tão somente com os isoladores que o suportam;
- distanciarem-se entre si, conforme estabelecem as normas (por ex.: 10 cm para tensão de 600 V);
- ser protegidos (figura 3.8), quando instalados em locais passíveis de ocorrer choques causuais, ou quando instalados a alturas inferiores que 2,5 m do piso.
- usar condutores isolados ou cabos multipolares.

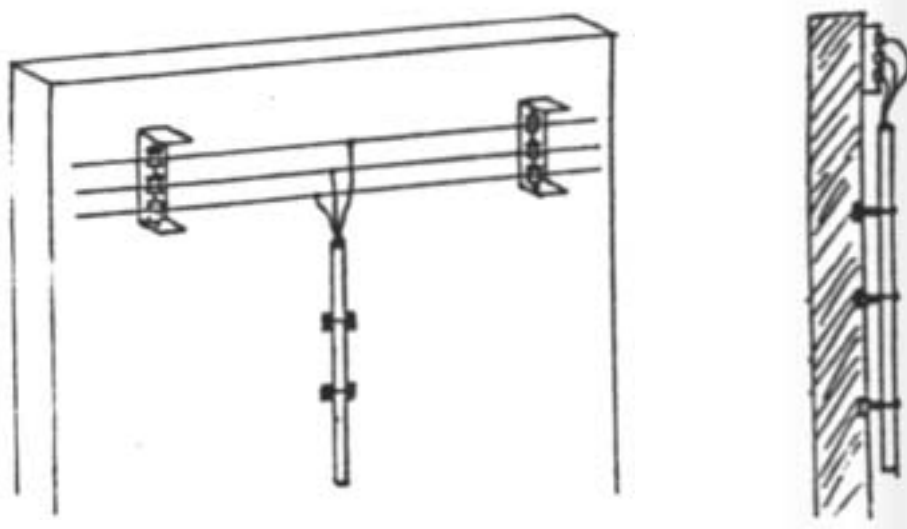


Figura 3.8 - Instalações abertas protegidas

Os suportes isolantes (isoladores) dos condutores deverão ser constituídos de material isolante, incombustível e não absorvente, que tem resistência mecânica adequada para suportar a tensão mecânica da linha. Um material usualmente utilizado nos isoladores é a porcelana vitrificada (figura 3.9).

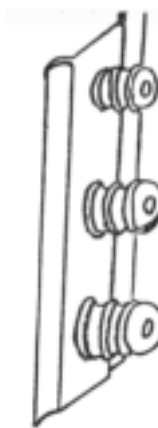
b) Instalações em molduras, canaletas, bandejas, calhas, poços ou enterradas

A norma NBR 5410 apresenta as prescrições de instalação de cada um desses tipos.

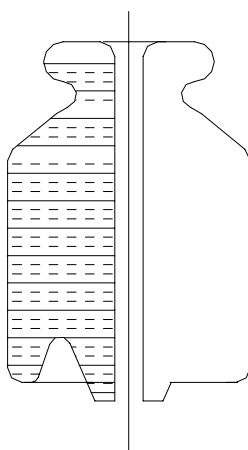
A figura ilustra a seguir a instalação em canaletas onde podem ser usados cabos unipolares ou multiplexado ou condutores emeletrodutos



Rack de isoladores PRESBOW



Braquete de isoladores



Isolador em corte

Figura 3.9 - Isoladores

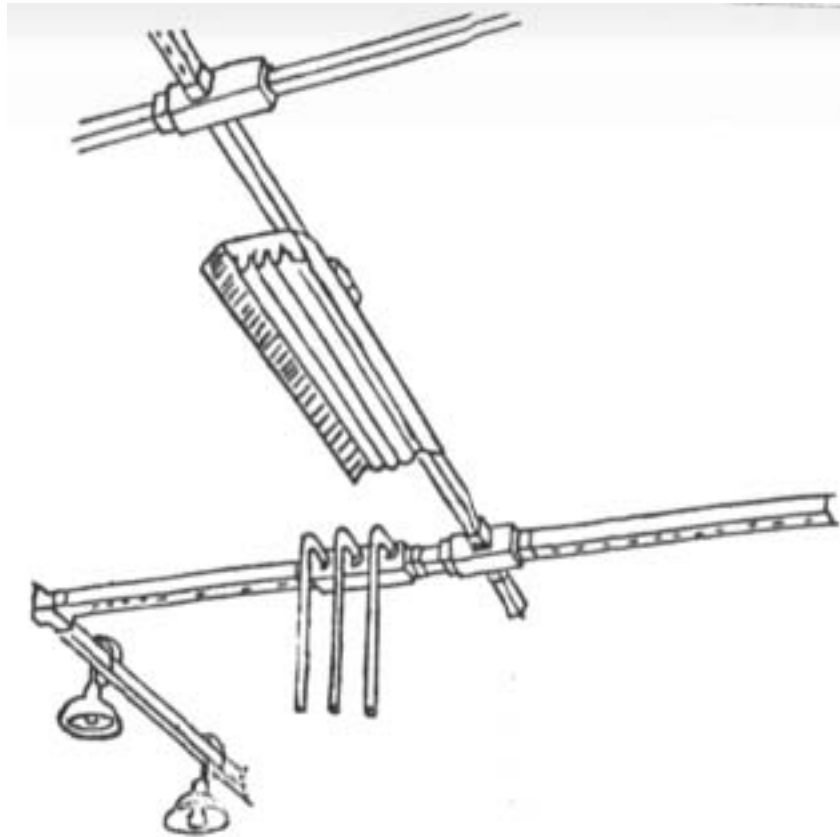


Figura 3.10 - Instalações em canaleta