

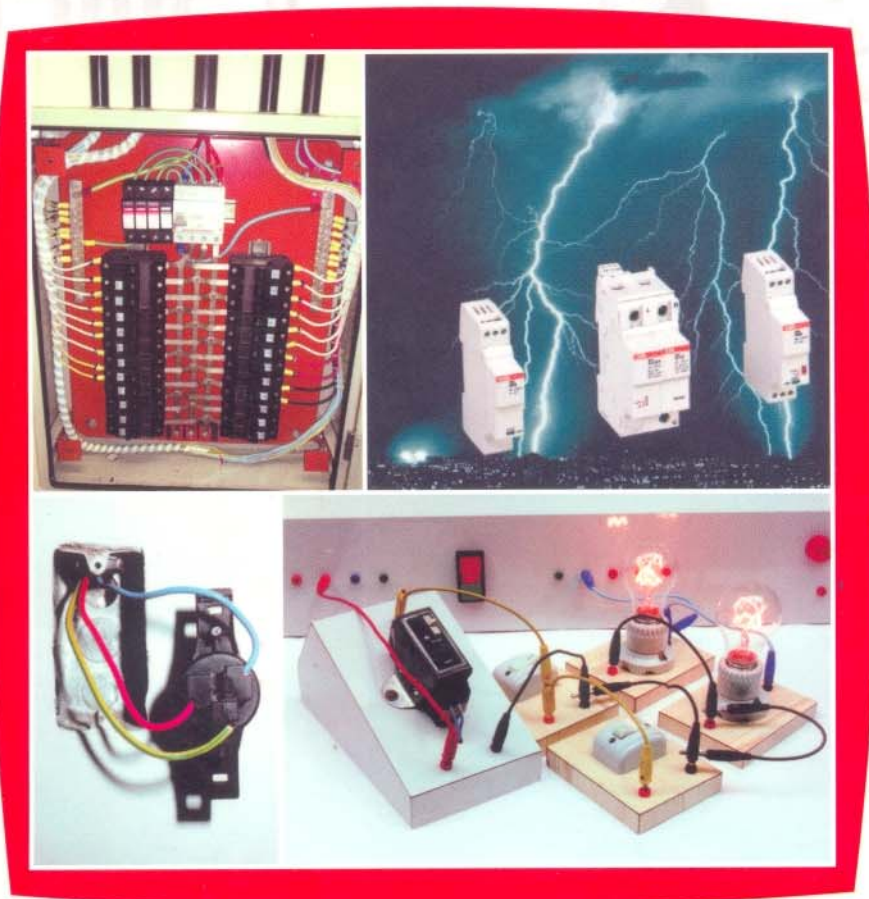
Geraldo Cavalin & Severino Cervelin

14ª EDIÇÃO

CONFORME NORMA

NBR 5410:2004

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS



Instalações Elétricas Prediais

Conforme Norma NBR 5410:2004



EDITORA AFILIADA

Geraldo Cavalin
Severino Cervelin

Instalações Elétricas Prediais

Conforme Norma NBR 5410:2004

Editora Érica Ltda.
2006 - 14ª Edição

Conselho Editorial:	Celso de Araújo Eduardo Cesar Alves Cruz Salomão Choueri Júnior
Diretor Editorial:	Antonio Marco Vicari Cipelli
Diretor Comercial:	Paulo Roberto Alves
Diretor de Publicidade:	Waldir João Sandrini
Finalização de Capa:	Maurício Scervianinas de França
Editoração:	Érica Regina Pagano
Desenhos:	Pedro Paulo Vieira Herruzo Flávio Eugenio de Lima
Revisão Gramatical:	Marlene Teresa Santin Alves
Revisão de Editoração:	Rosana Ap. Alves dos Santos
Coordenação e Revisão:	Rosana Arruda da Silva
Fotos:	Saturnino Machado

Cavalin, Geraldo, 1952 -

Instalações Elétricas Prediais / Geraldo Cavalin, Severino Cervelin. -- São Paulo: Érica, 1998. -- (Coleção Estude e Use. Série Eletricidade)

Bibliografia.

ISBN 85-7194-541-1

1. Engenharia. 2. Instalações Elétricas. I. Cervelin, Severino, 1956 - II. Título. III. Série.

98-1818

CDD-621-31924

Índices para catálogo sistemático

1. Instalações elétricas prediais: Engenharia 621.31924

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, especialmente por sistemas gráficos, microfílmicos, fotográficos, reprográficos, fonográficos, videográficos, internet, e-books. Vedada a memorização e/ou recuperação total ou parcial em qualquer sistema de processamento de dados e a inclusão de qualquer parte da obra em qualquer programa juscibernético. Essas proibições aplicam-se também às características gráficas da obra e à sua editoração. A violação dos direitos autorais é punível como crime (art. 184 e parágrafos, do Código Penal, conforme Lei nº 10.695, de 07.01.2003) com pena de reclusão, de dois a quatro anos, e multa, conjuntamente com busca e apreensão e indenizações diversas (artigos 102, 103 parágrafo único, 104, 105, 106 e 107 itens 1, 2 e 3 da Lei nº 9.610, de 19/06/98, Lei dos Direitos Autorais).

Os Autores e a Editora acreditam que todas as informações aqui apresentadas estão corretas e podem ser utilizadas para qualquer fim legal. Entretanto, não existe qualquer garantia, explícita ou implícita, de que o uso de tais informações conduzirá sempre ao resultado desejado. Os nomes de sites e empresas, porventura mencionados, foram utilizados apenas para ilustrar os exemplos, não tendo vínculo nenhum com o livro, não garantindo a sua existência nem divulgação. Eventuais erratas estarão disponíveis no site da Editora Érica para download.

"Algumas imagens utilizadas neste livro foram obtidas a partir do CorelDRAW 9, 10 e 11 e da Coleção do MasterClips/MasterPhotos© da IMSI, 100 Rowland Way, 3rd floor Novato, CA 94945, USA."

Fotos de capa: DPS com imagem dos raios - Cortesia ABB.

Disjuntores UNIC - Cortesia Pial-Legrand.

DPS (no quadro) - Cortesia Phoenix.

Quadro de distribuição - Cortesia Elcosul.

Editora Érica Ltda.

Rua São Gil, 159 - Tatuapé

CEP: 03401-030 - São Paulo - SP

Fone: (11) 2295-3066 - Fax: (11) 6197-4060

www.editoraerica.com.br

Apresentação

As razões que nos levaram a escrever este livro estão relacionadas ao interesse em contribuir com todos aqueles que estão envolvidos, direta ou indiretamente, com a execução de instalações elétricas, sejam estudantes (de nível técnico ou de engenharia) ou eletricitas.

Este trabalho é fruto de muitos anos como professores da disciplina de Instalações Elétricas, em que tivemos a oportunidade de observar e vivenciar as dificuldades e falta de laboriosidade com que se deparam os profissionais que atuam nessa área, muitas vezes pela falta de conhecimento das normas.

O objetivo deste livro é justamente suprir essas deficiências de tal maneira que **projetistas**, assim como os **eletricitas**, tenham informações precisas e seguras, **na arte de como fazer**, por ocasião da elaboração do projeto elétrico e execução das instalações elétricas em baixa tensão, sempre com a preocupação de obedecer às normas a que estão subordinados, neste caso, a **NBR 5410:2004**.

Os assuntos são apresentados de forma seqüencial, e para cada capítulo existem informações teóricas importantes que permitem a execução prática com facilidade. Na 13ª edição foi feita uma revisão geral e necessária devido às modificações ocorridas com a nova norma de Instalações Elétricas, bem como das Normas **NBR 5419:2001** e também da **Norma NR 10**. As alterações desta edição foram substanciais. A partir do capítulo 7 as principais atualizações são as seguintes:

- No capítulo 7 foram introduzidos itens importantes a respeito da Segurança em Instalações Elétricas, especificamente com relação à NR 10.
- No capítulo 8 foram substituídas algumas figuras com o acréscimo dos DPS e todos os esquemas foram substituídos devido à introdução, pela norma, desse dispositivo de proteção.
- Foram atualizadas as tabelas e adicionadas novas às do capítulo 10. Os procedimentos no dimensionamento dos condutores também foram substituídos, seguindo as determinações da nova norma.
- O capítulo 11, sobre aterramento em instalações elétricas, passa a ser capítulo 13, pois fica mais próximo do capítulo 14 que aborda Proteções contra Descargas Atmosféricas. Ambos sofreram modificações substanciais, com citações que julgamos mais importantes a respeito dos DPS. Trata-se de um assunto abrangente e importante para as proteções das instalações elétricas e deve ser tratado pelos profissionais com muita responsabilidade, consultando a norma NBR 5410:2004 sempre que for necessário.
- O capítulo 12 - Eletrodutos e Acessórios para Instalações Elétricas passa a ser capítulo 11.
- O capítulo 13 - Proteções em Instalações Elétricas Prediais passa a ser capítulo 12. O dimensionamento dos dispositivos de proteção foram refeitos e adequados à nova norma. A respeito dos DR foram atualizadas as figuras, bem como a citação dos tipos de DR que devem ser usados para cada tipo de instalação.
- O capítulo 15 foi quase totalmente refeito, com a execução de um projeto elétrico de uma nova planta baixa, e com isso foram adicionados novos procedimentos de cálculo. No final deste capítulo o leitor encontra um item importante, que trata sobre a Verificação Final das Instalações Elétricas.

Muito embora se trate de um assunto simples para os profissionais que atuam na área, é muito freqüente encontrarmos instalações elétricas de pequeno e médio portes realizadas sem um projeto elétrico, e por profissionais sem habilitação. A partir do momento em que uma instalação elétrica for realizada ou executada, calcada em um projeto elétrico previamente elaborado, feito com base em critérios técnicos e bem executado, permitirá que haja maior segurança e conforto aos usuários das instalações, com economia.

A ausência ou omissão dessas recomendações traz, com freqüência, danos incalculáveis, pois uma instalação elétrica mal projetada, e principalmente mal executada, sem os devidos conhecimentos, pode provocar curtos-circuitos, causando incêndios, muitas vezes com vítimas fatais, que infelizmente são aceitos com naturalidade, como se as instalações elétricas não tivessem muita importância, pois elas ficam embutidas nas paredes, pisos e tetos, e só os seus efeitos realmente importam.

Esta é a nossa preocupação: que as instalações elétricas sejam realizadas sempre dentro dos critérios técnicos que levem segurança a todos aqueles que delas dependem.

Para finalizar, desejamos agradecer a todos aqueles que colaboraram, direta ou indiretamente, para que este trabalho se tornasse realidade: aos colegas professores do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (especialmente aos professores Júlio Cezar Nitsch e Robson Rúbio Rodrigues, pelas valiosas sugestões),

Capítulo 4 - Luminotécnica	66
4.1. Histórico e Desenvolvimento da Lâmpada	66
4.2. A Importância da Boa Iluminação	67
4.3. Fontes de Luz Artificial.....	68
4.3.1. Lâmpadas Incandescentes	68
4.3.2. Lâmpadas de Descarga.....	77
Capítulo 5 - Utilização de Esquemas	117
5.1. Esquema Multifilar.....	117
5.2. Esquema Unifilar	118
Capítulo 6 - Dispositivos de Comando de Iluminação e Sinalização	120
6.1. Como Instalar Lâmpadas Incandescentes com Interruptor Simples, Interruptor Simples Bipolar e Tomada	120
6.1.1. Representação de Esquemas Multifilar e Unifilar.....	121
6.1.2. Perspectiva Cônica	132
6.1.3. Perspectiva Cavaleira.....	132
6.1.4. Instalações em Eletrodutos.....	133
6.1.5. Lâmpada Fluorescente.....	137
6.1.6. Instalação de Lâmpada Fluorescente.....	137
6.2. Interruptores Paralelos	143
6.2.1. Introdução.....	143
6.2.2. Funcionamento	145
6.2.3. Perspectiva Cônica	147
6.2.4. Perspectiva Cavaleira.....	148
6.2.5. Instalação em Eletrodutos	148
6.2.6. Instalação em Planta Baixa	149
6.2.7. Prumada	152
6.3. Interruptor Intermediário.....	156
6.3.1. Como Instalar Lâmpadas Incandescentes com Interruptor Intermediário	156
6.3.2. Interruptor Intermediário para Embutir.....	156
6.3.3. Perspectiva Cônica da Instalação com Interruptor Intermediário	158
6.3.4. Perspectiva Cavaleira.....	159
6.3.5. Instalação de Eletrodutos	159
6.3.6. Instalação em Planta Baixa com Interruptor Intermediário	160
6.4. Interruptor de Minuteria	163
6.4.1. Introdução.....	163
6.4.2. Aplicações	163
6.4.3. Tipos.....	163
6.4.4. Funcionamento	163
6.4.5. Instalação	164
6.4.6. Exemplos de Esquemas	165
6.5. Interruptor Horário	165
6.5.1. Introdução.....	165
6.5.2. Tipos de Interruptor Horário	166
6.5.3. Aplicações	166
6.5.4. Programação.....	166
6.5.5. Exemplo de Esquemas.....	167
6.6. Relé de Impulso (Ri)	168
6.6.1. Introdução.....	168
6.6.2. Vantagens da Utilização do Relé de Impulso.....	168
6.6.3. Funcionamento	168
6.6.4. Exemplos de Esquemas	169
6.7. Interruptor Automático por Presença	170
6.7.1. Introdução.....	170
6.7.2. Aplicações	170
6.7.3. Instalação	170
6.8. Sinalização	171

6.8.1. Cigarras e Campainhas	171
6.9. Relé Fotoelétrico	174
6.9.1. Finalidade	176
6.9.2. Aplicação	176
6.9.3. Tipos	176
6.9.4. Especificações Gerais	176
6.9.5. Esquema de Ligação	177
6.9.6. Como Instalar Lâmpadas com Relé Fotoelétrico	177
6.9.7. Comando de Lâmpadas Incandescentes por Relé Fotoelétrico	178
6.9.8. Comando de Lâmpadas a Vapor de Mercúrio por Relé Fotoelétrico	178
Capítulo 7 - Segurança em Instalações Elétricas	180
7.1. Segurança em Instalações Elétricas - NR-10	180
7.2. Cuidados para Evitar Acidentes com Energia Elétrica	182
Capítulo 8 - Previsão de Cargas e Divisão das Instalações Elétricas	187
8.1. Cargas dos Pontos de Utilização	187
8.2. Previsão de Cargas Conforme a NBR 5410:2004	187
8.2.1. Iluminação	187
8.2.2. Tomadas	188
8.2.3. Potências Típicas de Aparelhos Eletrodomésticos	190
8.3. Quadro de Distribuição	191
8.3.1. Definição	191
8.3.2. O Que Deve Ser Observado na Sua Montagem	191
8.3.3. Partes Componentes de um Quadro de Distribuição	192
8.3.4. Localização do(s) Quadro(s) de Distribuição (QD's)	192
8.3.5. Quantidade de QD's	192
8.3.6. Tipos de Quadro de Distribuição Principal	193
8.4. Divisão da Instalação em Circuitos Terminais	195
8.4.1. Introdução	195
8.4.2. Circuito Elétrico	196
8.4.3. Critérios para a Divisão da Instalação em Circuitos	197
8.4.4. Circuitos Terminais	197
8.4.5. Representação de Esquemas Multifilares ou Unifilar dos Quadros de Distribuição	199
Capítulo 9 - Fornecimento de Energia Elétrica	205
9.1. Definições	205
9.1.1. Normas	205
9.1.2. Consumidor	205
9.1.3. Unidade Consumidora	205
9.1.4. Agrupamento de Unidades Consumidoras	205
9.1.5. Edifício de Uso Coletivo	205
9.1.6. Ponto de Entrega	205
9.1.7. Entrada de Serviço	206
9.1.8. Ramal de Ligação	206
9.1.9. Ramal de Entrada	206
9.1.10. Ramal Alimentador	206
9.1.11. Limitador de Fornecimento	206
9.1.12. Centro de Medição	206
9.1.13. Caixa para Medidor	206
9.1.14. Caixa para Disjuntor de Proteção	206
9.1.15. Cabine	206
9.1.16. Medição Direta	206
9.1.17. Medição Indireta	206
9.1.18. Chave de Aferição	206
9.1.19. Demanda	207
9.1.20. Alimentador Principal ou Prumada	207

9.2. Limite de Fornecimento: Utilização e Demanda - Potência de Alimentação.....	207
9.2.1. Especificação de Entradas de Energia	207
9.2.2. Consumidor Individual	212
9.2.3. Edifícios de Uso Coletivo	214
9.3. Padrão Construtivo ou Padrão de Entrada	217
Capítulo 10 - Condutores Elétricos: Dimensionamento e Instalação	221
10.1. Introdução.....	221
10.2. Conceitos Básicos sobre Condutores	222
10.2.1. Condutor Elétrico	222
10.3. Tipos e Aplicações dos Condutores Elétricos	233
10.3.1. Condutores para Baixa Tensão	233
10.3.2. Condutores para Uso Geral.....	233
10.3.3. Condutores para Uso Específico	233
10.4. Seções Mínimas dos Condutores Elétricos	233
10.4.1. Seção Mínima dos Condutores Fase.....	234
10.4.2. Seção do Condutor Neutro	234
10.5. Dimensionamento de Condutores Elétricos	236
10.5.1. Critério da Capacidade de Condução de Corrente (Ampacidade)	236
10.5.2. Critério do Limite de Queda de Tensão.....	250
10.6. Identificação dos Condutores	262
10.6.1. Introdução.....	262
10.6.2. Condutor Neutro	262
10.6.3. Condutor de Proteção (PE).....	262
10.6.4. Condutor com a Função PEN	262
10.6.5. Condutor(es) Fase(s) e Retorno(s).....	262
10.7. Conexões em Instalações Elétricas	262
10.7.1. Introdução.....	262
10.7.2. Conexões de Condutores entre Si em Prolongamento	263
10.7.3. Conexões de Condutores em Derivação.....	267
10.7.4. Olhal	270
10.7.5. Recomendações sobre Conexões	270
10.7.6. Conexões Bimetálicas (NBR 5410:2004, item 6.2.8.15)	271
10.7.7. Acessórios para Condutores Elétricos	271
10.8. Solda e Soldagem.....	274
10.8.1. Solda. O que é?.....	274
10.8.2. Para que Serve?	274
10.8.3. Características	274
10.8.4. Cuidados ao Efetuar uma Soldagem	275
10.8.5. Condições de Aplicação.....	275
10.8.6. Soldagem de Emendas ou Conexões	276
10.9. Materiais Isolantes.....	277
10.9.1. Introdução.....	277
10.9.2. Tipos.....	277
10.9.3. Isolar Emendas ou Conexões.....	278
Capítulo 11 - Eletrodutos e Acessórios para Instalações Elétricas	280
11.1. Introdução.....	280
11.2. Tipos de Eletroduto	280
11.2.1. Eletrodutos Metálicos Rígidos.....	280
11.2.2. Eletrodutos de PVC Rígidos	281
11.2.3. Eletrodutos Metálicos Flexíveis	281
11.2.4. Eletrodutos de PVC Flexíveis	282
11.3. Acessórios para Eletrodutos	285
11.4. Como Executar Roscas em Eletrodutos Rígidos	289
11.4.1. Etapas para Execução de Roscas	289
11.5. Executar Curvas em Eletrodutos Rígidos	292

11.5.1. Curvas em Eletroduto de PVC Rígido	292
11.5.2. Curvas em Eletroduto Rígido Metálico	293
11.5.3. Considerações Gerais sobre Curvas e Roscas em Eletrodutos Rígidos	294
11.6. Caixas de Derivação ou de Passagem	294
11.6.1. Caixas de Embutir	295
11.6.2. Caixas Aparentes	297
11.6.3. Considerações Gerais sobre Caixas de Derivação ou de Passagem	299
11.7. Redes de Eletrodutos	299
11.7.1. Instalação de Eletrodutos Embutidos	300
11.7.2. Instalações Aparentes	307
11.7.3. Instalação Aparente com Perfis de PVC	310
11.8. Dimensionamento de Eletrodutos	311
11.8.1. Instalação de Condutores em Eletrodutos	312
11.8.2. Taxa Máxima de Ocupação	312
11.8.3. Instalação de Eletrodutos com as Caixas de Derivação ou de Passagem	312
11.8.4. Roteiro para Dimensionamento de Eletrodutos	313
11.8.5. Exemplos de Dimensionamento	314
11.8.6. Tabelas para Dimensionamento de Eletrodutos	316
11.8.7. Enfição dos Condutores	317
11.9. Instalação e Fixação de Interruptores, Tomadas e Aparelhos de Iluminação	320
11.9.1. Introdução	320
11.9.2. Fixação de Interruptores, Tomadas e Aparelhos de Iluminação	320
Capítulo 12 - Proteção em Instalações Elétricas Prediais	324
12.1. Prescrições Fundamentais da Norma NBR 5410	324
12.2. Terminologias	325
12.3. Proteção contra Sobrecorrentes	325
12.3.1. Disjuntores Termomagnéticos	325
12.3.2. Fusíveis	340
12.4. Proteção contra Choques Elétricos e Efeitos Térmicos	346
12.4.1. Disjuntores e Interruptores Diferenciais Residuais (DR)	346
Capítulo 13 - Aterramento em Energia Elétrica	355
13.1. Introdução	355
13.2. Definições	355
13.2.1. Aterramento	355
13.2.2. Choque Elétrico	355
13.2.3. Parte Viva	355
13.2.4. Massa ou Massa Condutora Exposta	356
13.2.5. Elemento Condutor Estranho (à Instalação Elétrica)	356
13.2.6. Equipotencialização	356
13.3. Prescrições da NBR 5410:2004	356
13.3.1. Esquema TN	356
13.3.2. Esquema TT	358
13.3.3. Esquema IT	358
13.4. Aterramento e Equipotencialização	359
13.4.1. Eletrodo de Aterramento	359
13.4.2. Condutor de Aterramento	362
13.4.3. Equipotencialização	363
13.5. Condutores de Proteção (PE)	364
13.5.1. Seção Mínima para Condutores de Proteção (PE)	365
13.5.2. Tipos de Condutores de Proteção	365
13.5.3. Continuidade Elétrica dos Condutores de Proteção	365
13.6. Condutores de Equipotencialização	366
13.6.1. Condutores de Equipotencialização Principal	366
13.6.2. Condutores de Equipotencialização Suplementar	366
13.6.3. Equipotencialização Funcional	366

13.6.4. Tipos de Barramento de Equipotencialização Funcional	366
13.7. Utilização de Equipotencialização Principal	367
13.7.1. Exemplo de Equipotencialização Principal.....	367
13.7.2. Sistema de Aterramento para Entrada de Energia (Entrada de Serviço)	369
Capítulo 14 - Proteção contra Descargas Elétricas Atmosféricas	371
14.1. Prescrições da NBR 5410:2004 sobre Proteções contra Sobretensões e Perturbações Eletromagnéticas.....	371
14.2. Terminologia	372
14.3. Formação das Descargas Atmosféricas	372
14.4. Como Nascem e Morrem os Raios	374
14.5. Tipos de Raio	375
14.6. Efeito dos Raios.....	375
14.7. Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas.....	376
14.7.1. Generalidades	376
14.7.2. Constituição de um SPDA	376
14.7.3. Pára-Raios Franklin	376
14.7.4. Pára-Raios Radioativos.....	377
14.7.5. Gaiola de Faraday.....	378
14.7.6. Níveis de Proteção.....	378
14.7.7. Conexão de Medição.....	378
14.7.8. Dispositivo de Proteção contra Surtos - DPS	379
14.8. Sugestão para a Prevenção contra as Descargas Atmosféricas.....	385
14.9. Conclusão	385
Capítulo 15 - Leitura, Análise e Interpretação de Projetos Elétricos Prediais	386
15.1. Introdução.....	386
15.2. Eletricista ou Gambiarrista?.....	386
15.3. Atender à Norma é Fundamental	387
15.4. Falhas mais Comuns nas Instalações Elétricas de Baixa Tensão	388
15.4.1. Ausência de Aterramento, ou Aterramento Inadequado.....	388
15.4.2. Materiais que não Atendem às Normas Técnicas	388
15.4.3. Pontos de Luz e Tomadas de Corrente no Mesmo Circuito Terminal	388
15.4.4. Emendas ou Conexões Malfeitas.....	389
15.4.5. Instalação de Arandelas em Substituição ao Ponto de Luz no Teto	389
15.4.6. Previsão de Tomadas em Quantidade Insuficiente.....	389
15.4.7. Falta de Coordenação entre Condutores e Dispositivos de Proteção	389
15.4.8. Verificação Final das Instalações não Realizada	389
15.5. Recomendações Importantes	390
15.6. Análise e Interpretação de Projetos Elétricos (Exemplo)	393
15.6.1. Vamos Anotar os Erros Encontrados?.....	393
15.6.2. Elaboração de um Projeto Elétrico (Exemplo)	394
15.7. Verificação Final da Instalação - Procedimentos	418
15.7.1. Documentação e Ensaios.....	418
15.7.2. Manutenção	419
Conclusão	420
Bibliografia	421

Índice de Tabelas

Tabela 4.1 - Lâmpadas incandescentes para uso geral.....	76
Tabela 4.2 - Lâmpada refletora comum.....	76
Tabela 4.3 - Lâmpadas refletoras Spotline.....	76
Tabela 4.4 - Dicróica aberta - EXZ e dicróica fechada - EXN.....	77
Tabela 4.5 - Lâmpada halógena HA Plus Line.....	77
Tabela 4.6 - Lâmpadas fluorescentes compactas PL Eletronic.....	88
Tabela 4.7 - Lâmpadas fluorescentes compactas não integradas: PL-S.....	88
Tabela 4.8 - Lâmpadas fluorescentes compactas não integradas: PL-T.....	89
Tabela 4.9 - Lâmpadas fluorescentes - TLT e TLD.....	89
Tabela 4.10 - Lâmpadas fluorescentes TLT e TLD - Série 80.....	89
Tabela 4.11 - Constituição.....	93
Tabela 4.12 - Aplicações.....	93
Tabela 4.13 - Lâmpadas de luz mista - ML.....	94
Tabela 4.14 - Lâmpadas a vapor de mercúrio HPL-N.....	94
Tabela 4.15 - Lâmpadas multivapor metálico.....	94
Tabela 4.16 - Lâmpada a vapor metálico MHN - TD.....	95
Tabela 4.17 - Lâmpada multivapor metálico MHW - TD.....	95
Tabela 4.18 - Lâmpadas a vapor de sódio.....	95
Tabela 4.19 - Reatores para lâmpadas fluorescentes série ouro plus.....	102
Tabela 4.20 - Reatores vapor de mercúrio.....	103
Tabela 4.21 - Reatores vapor metálico.....	103
Tabela 4.22 - Reatores vapor de sódio.....	104
Tabela 4.23 - Enertron ETC.....	105
Tabela 4.24 - Transformador - Reator para lâmpada de néon - Metragem iluminada.....	105
Tabela 4.25 - Ignitores Philips.....	106
Tabela 4.26 - Starters Philips.....	107
Tabela 7.1 - Raios de delimitações de zonas de risco, controlada e livre.....	181
Tabela 8.1 - Valores de potências típicas de aparelhos eletrodomésticos.....	190
Tabela 8.2 - Quadros de distribuição - Espaço reserva (Tabela 59 da NBR 5410:2004).....	191
Tabela 9.1 - Fatores de demanda para iluminação e tomadas de uso geral - TUG's.....	209
Tabela 9.2 - Fatores de demanda para tomadas de uso específico - TUE's.....	209
Tabela 9.3 - Limitações das categorias de atendimentos (limites de fornecimento).....	210
Tabela 9.4 - Dimensionamento da entrada de energia.....	211
Tabela 9.5 - Esforços admissíveis em postes e pontaletes de entrada de energia.....	212
Tabela 10.1 - Materiais empregados na isolação de condutores (fios e cabos).....	227
Tabela 10.2 - Tensões nominais de isolamento normalizadas.....	228
Tabela 10.3 - Temperaturas características dos condutores. (Tabela 30 - NBR 5410/2004).....	228
Tabela 10.4 - Seções métricas IEC (seções nominais em mm ²).....	231
Tabela 10.5 - Linha Pirelli de condutores para instalações elétricas em baixa tensão. Cortesia: Pirelli.....	232
Tabela 10.6 - Seção mínima dos condutores (Tabela 47 da NBR 5410:2004).....	234
Tabela 10.7 - Seções mínimas do condutor neutro (Tabela 48 da NBR 5410:2004).....	235
Tabela 10.8 - Tipos de linhas elétricas (Tabela 33 da NBR 5410:2004).....	237
Tabela 10.9 - Número de condutores carregados a ser considerado, em função do tipo de circuito. (Tabela 46 da NBR 5410:2004).....	240
Tabela 10.10 - Capacidade de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C, e D (Tabela 36 da NBR 5410:2004).....	241
Tabela 10.11 - Capacidade de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C, e D (Tabela 37 da NBR 5410:2004).....	242
Tabela 10.12 - Capacidade de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F, e G (Tabela 38 da NBR 5410:2004).....	243
Tabela 10.13 - Capacidade de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F, e G (Tabela 39 da NBR 5410:2004).....	244
Tabela 10.14 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para cabos não-enterrados e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas - FCT - (Tabela 40 da NBR 5410:2004).....	245

Tabela 10.15 - Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W (Tabela 41 da NBR 5410:2004).....	246
Tabela 10.16 - Fatores de correção para agrupamento de circuitos ou cabos multipolares, aplicáveis aos valores da capacidade de condução de corrente dados nas tabelas 10.9; 10.10; 10.11 e 10.12 (Tabela 42 da NBR 5410:2004).....	248
Tabela 10.17 - Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores - Métodos de referência C (Tabelas 10.10 e 10.11), E e F (tabelas 10.12 e 10.13) (Tabela 43 da NBR 5410:2004).....	248
Tabela 10.18 - Fatores de agrupamento para linhas com cabos diretamente enterrados (Tabela 44 da NBR 5410:2004)....	249
Tabela 10.19 - Fatores de agrupamento para linhas em eletrodutos enterrados (Tabela 45 da NBR 5410:2004).....	249
Tabela 10.20 - Limites de queda de tensão (6.2.7.1 da NBR 5410:2004).....	250
Tabela 10.21 - Faixa de tensão (em volts) (Tabela A.1 da NBR 5410:2004).....	251
Tabela 10.22 - Queda de tensão em V/A.km.....	253
Tabela 10.23 - Diâmetro nominal de condutores rígidos e flexíveis (d).....	264
Tabela 10.24 - Tamanho, cor, seção e composição de conector rápido isolante (AMB).....	273
Tabela 11.1 - Bitola de eletrodutos rígidos e flexíveis.....	285
Tabela 11.2 - Tipos de caixa, dimensões, finalidade e número de condutores.....	297
Tabela 11.3 - Eletrodutos de PVC rígido com rosca.....	316
Tabela 11.4 - Dimensões totais dos condutores isolados, para 750V e 1.000V.....	316
Tabela 11.5 - Ocupação máxima dos eletrodutos de PVC por condutores de mesma seção.....	317
Tabela 11.6 - Ocupação máxima dos eletrodutos de aço por condutores de mesma seção.....	317
Tabela 12.1 - Correntes convencionais de atuação, de não atuação e tempos convencionais para disjuntores termomagnéticos.....	331
Tabela 12.2 - Disjuntores termomagnéticos UNIC. Cortesia: Pial-Legrand/Bticino.....	331
Tabela 12.3 - Características elétricas dos disjuntores UNIC - Bolt-on.....	331
Tabela 12.4 - Disjuntores termomagnéticos Siemens (Curva de Atuação C).....	333
Tabela 12.5 - Disjuntores diferenciais residuais (DR's/DX) bipolar e tetrapolar. Fonte: Pial-Legrand.....	353
Tabela 12.6 - Disjuntores e interruptores diferenciais residuais (DR's/DX) bipolar e tetrapolar Fonte: Pial-Legrand.....	354
Tabela 12.7 - Dispositivos DR Siemens.....	354
Tabela 13.1 - Materiais comumente utilizáveis em eletrodos de aterramento - Dimensões mínimas do ponto de vista da corrosão e da resistência mecânica, quando os eletrodos forem diretamente enterrados (Tabela 51 da NBR 5410:2004) ...	362
Tabela 13.2 - Seções mínimas de condutores de aterramento enterrados no solo (Tabela 52 da NBR 5410:2004).....	363
Tabela 13.3 - Seção mínima do condutor de proteção (Tabela 58 da NBR 5410:2004).....	365
Tabela 13.4 - Código de cores dos condutores de proteção.....	366
Tabela 14.1 - Descargas atmosféricas (Tabela 15 da NBR 5410:2004).....	371
Tabela 14.2 - Espaçamento médio dos condutores de descida não naturais conforme o nível de proteção (Tabela 2 da NBR 5419:2001). Ângulo máximo de proteção para construção com altura não superior a 20 m.....	379
Tabela 14.3 - Seção dos mínimos dos materiais do SPDA (Tabela 3 da NBR 5419:2001).....	379
Tabela 14.4 - Suportabilidade a impulso exigível dos equipamentos da instalação (Tabela 31 da NBR 5410:2004).....	380
Tabela 14.5 - Tensão de impulso suportável em função da tensão nominal (Tabela 50 da NBR 5410:2004).....	380
Tabela 14.6 - Coordenação dos DPS (Pial-Legrand).....	381
Tabela 14.7 - Valor mínimo de tensão de operação contínua (V_c) exigível do DPS, em função do esquema de aterramento (Tabela 49 da NBR 5410:2004).....	381
Tabela 15.1 - Competência das pessoas (Tabela 18 da NBR 5410:2004).....	419

1

Conceitos Básicos de Eletricidade para Aplicação em Instalações Elétricas

- 1.1. Tipos e Formas de Distribuição de Energia
- 1.2. Geração de Energia Elétrica
- 1.3. Eletricidade

1.1. Tipos e Formas de Distribuição de Energia

1.1.1. Energia

Pode ser definida como tudo aquilo capaz de realizar ou produzir trabalho.

Todas as movimentações que ocorrem no universo podem gerar forças capazes de transformar a energia em um encadeamento sucessivo, ou seja, em modalidades diferentes de energia. As pessoas somente sentem os efeitos da energia através dos sentidos. Apresenta-se sob várias formas:

- Energia mecânica
- Energia elétrica
- Energia térmica
- Energia química
- Energia atômica
- Energia eólica

1.1.1.1. Energia Mecânica

É constituída por duas modalidades de energia: a **cinética** e a **potencial**. Na figura 1.1 vemos um guindaste que realiza trabalho com seus motores, ao movimentar a carga. Quando a energia está associada a movimento, chama-se, em física, **energia cinética**. No momento em que a carga está parada no alto, no aguardo para produzir trabalho, chama-se **energia potencial**, a energia que está relacionada à posição em que se encontra o corpo. Podemos citar outras fontes de energia cinética e potencial:

- **Energia cinética**, como, por exemplo, a energia do vento, da água corrente, etc.
- **Energia potencial**, por exemplo, a energia da água represada, dos elásticos, das molas, etc.

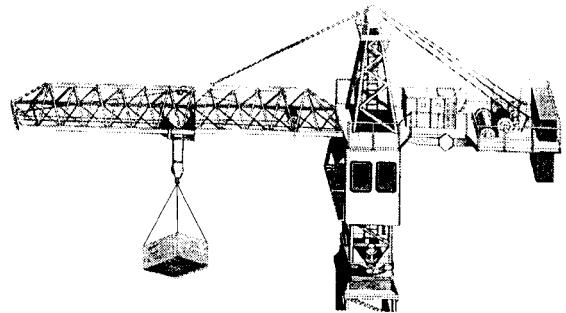


Figura 1.1

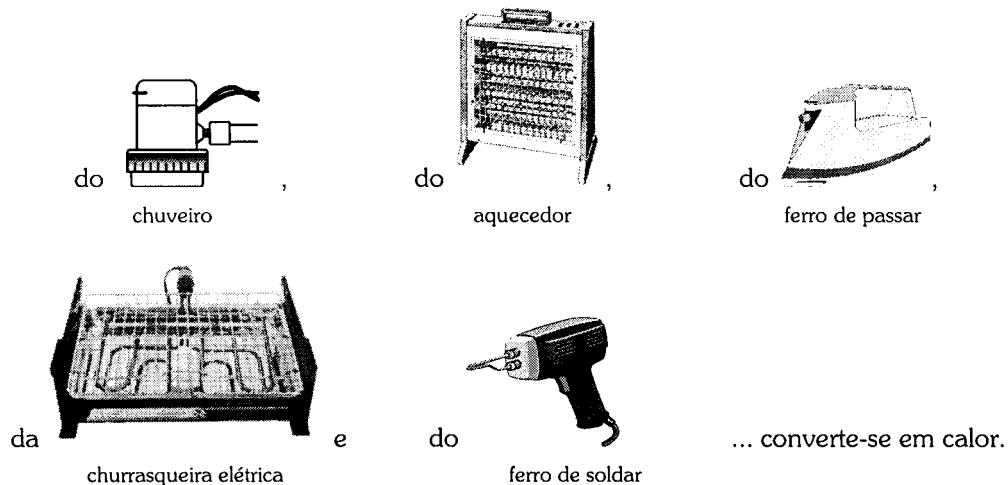
1.1.1.2. Energia Elétrica

É uma forma de energia que apresenta inumeráveis benefícios, e no decorrer dos tempos, tornou-se parte integrante e fundamental das nossas atividades diárias. É tão importante que nossa vida seria praticamente impossível sem sua existência, e muitas vezes não damos conta da sua importância, somente no momento da sua falta.

Sem dúvida, a energia elétrica é a forma mais prática de energia, pois pode ser transportada a grandes distâncias pelos condutores elétricos (fios ou cabos), desde a geração até os centros de consumo, que são os lares, indústrias, comércio, etc. Trata-se de uma forma de energia extraordinária, pois, além de poder ser transportada com facilidade, pode ser transformada em outras modalidades de energia, sem muitas dificuldades e com custos relativamente baixos.

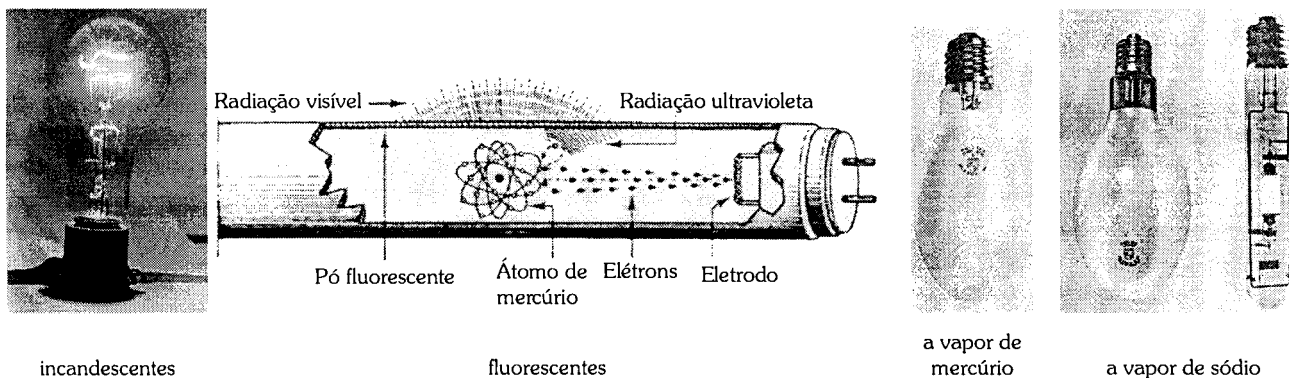
1.1.1.3. Energia Térmica ou Calorífica

A **corrente elétrica**, ao passar pela "resistência"...



1.1.1.4. Energia Luminosa

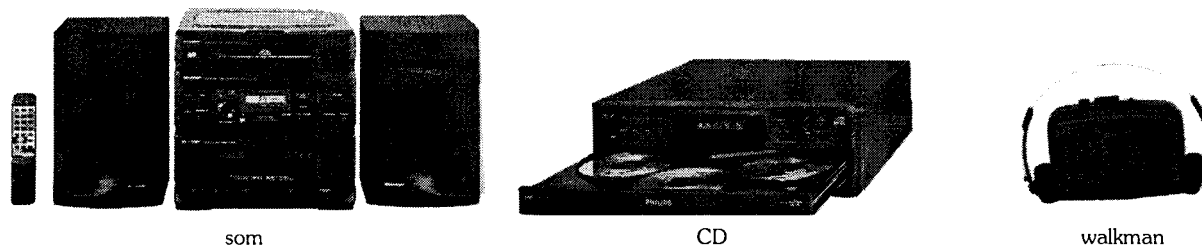
Quando a **corrente elétrica** percorre o filamento de lâmpadas...



... acende-as, produzindo luminosidade. (Cortesia: Philips)

1.1.1.5. Energia Sonora

Ao ligar um aparelho de...



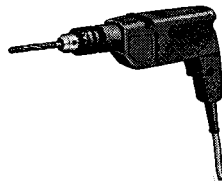
... ela percorre os circuitos, convertendo-se em energia sonora. (Cortesia: Philips)

1.1.1.6. Energia Cinética

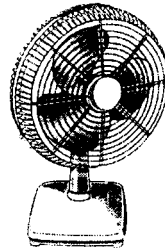
A **energia elétrica** pode acionar o motor de...



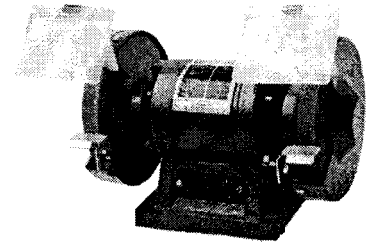
enceradeira



furadeira



ventilador



moto esmeril

... produzindo movimento (energia cinética).

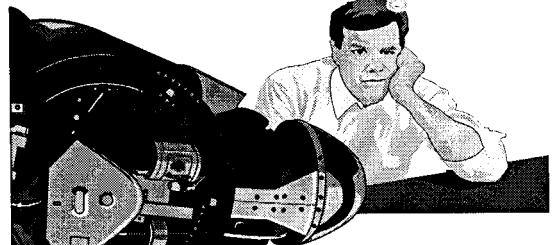
Vimos, então, alguns exemplos de utilização da energia elétrica, que dão uma pequena idéia do quanto é importante na vida do homem moderno.

A **energia elétrica**, normalmente, não é utilizada no mesmo local onde é produzida. Como é produzida a grandes distâncias do centro de consumo, é necessário que seja transportada; e por motivos econômicos, isso é feito em altas tensões.

Assim sendo, a **energia elétrica** desenvolve-se em quatro fases fundamentais:

- Geração (produção)
- Transmissão
- Distribuição
- Utilização

Mas afinal...
...como se produz a
energia elétrica?



1.2. Geração de Energia Elétrica

Para movimentar o eixo das turbinas, podemos utilizar vários tipos de fonte, como a queda d'água (hidráulica), a propulsão a vapor (térmica), utilizando a queima de combustíveis (gasolina, diesel, carvão) e pela fissão de materiais como o urânio ou tório (nuclear).

Podemos ter várias formas de geração de energia elétrica. A mais econômica, que produz grandes quantidades de energia elétrica, utiliza a energia potencial da água de grandes reservatórios, que movimentam os grandes geradores.

Quando da construção de uma usina, primeiramente, é preciso levantar indicadores (econômicos, técnicos, ecológicos e sociais) para posteriormente fazer a opção do tipo de usina a ser construído naquele local. Observando o desenho (Cortesia Maquete Copel) das páginas 22 e 23, vamos descrever o caminho percorrido pela energia, desde a sua geração até o ponto de consumo.

1.2.1. Barragem (1)

A barragem tem como finalidade represar a água, possibilitando a concentração de uma grande quantidade de energia potencial.

Em função da quantidade de energia elétrica a ser gerada, escolhe-se o melhor lugar para a construção da barragem, levando-se em consideração o clima da região, a vazão do rio, a topografia do local, o tipo de rocha e a facilidade no deslocamento de materiais de construção até a obra.

1.2.2. Conduitos Forçados (2)

O conduto forçado, também chamado de tomadas de água, sai da barragem e vai até a turbina na casa de força. Ele varia de diâmetro e comprimento em função da potência da turbina, a qual está acoplada ao gerador. No caso da Usina Hidroelétrica de Itaipu, o conduto forçado tem 10,5 m de diâmetro interno. Veja a figura 1.3.

1.2.3. Casa de Força (3)

Cada conduto (visto no item anterior) vai a uma turbina, que está acoplada a um gerador.

Para gerar energia, internamente nas máquinas são instalados eletroímãs. Sabemos que toda vez que há o movimento de um condutor ao redor de um ímã, nas extremidades desse condutor surge uma diferença de potencial. A quantidade de energia gerada (conseguida) na extremidade dos condutores depende do tamanho dos eletroímãs, da quantidade e seção dos condutores instalados dentro dos geradores. Desta forma, você pode adquirir geradores comerciais que variam de pequenas potências 0,5 kW, 10 kW, 100 kW, e tensões, como 127 volts, 220 volts, 380 volts, 6,9 kV, 13,8kV e 18,0kV.

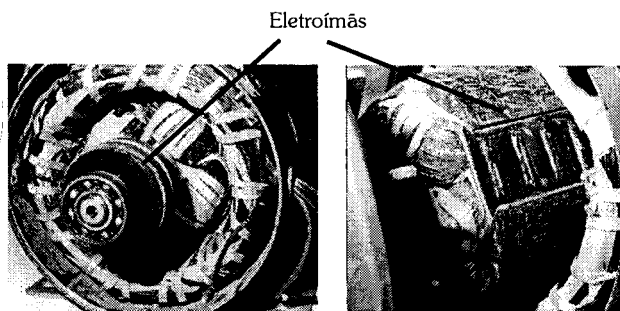


Figura 1.2

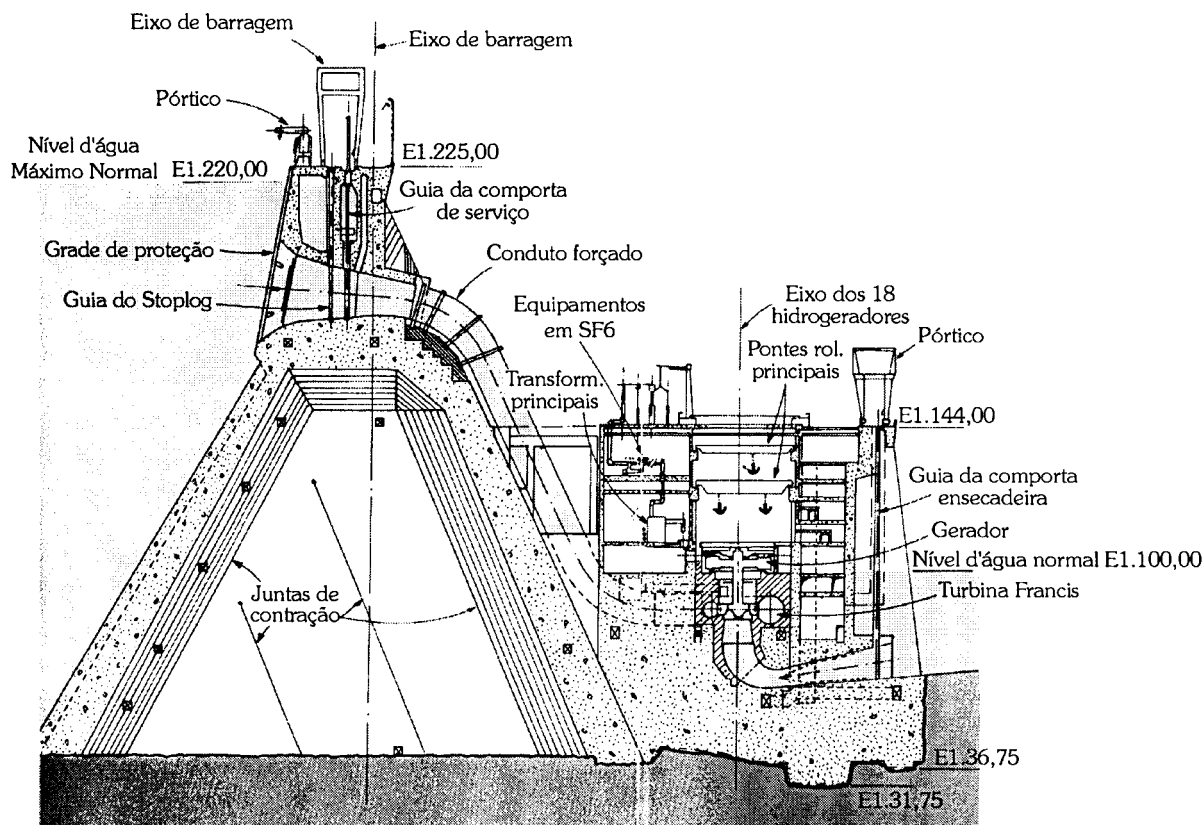


Figura 1.3 - Vista em corte da Usina Hidroelétrica de Itaipu.

O tamanho do gerador (ou geradores) é calculado em função da quantidade de energia que vai ser gerada para atender a certa região ou comunidade. Segundo a Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL), a tensão comercial gerada e fornecida na saída dos geradores é trifásica de 6,9kV, 13,8kV ou 18,0kV com valores bem elevados de corrente (kA) e potência (MW).

1.2.4. Subestação Elevadora (4)

Como os geradores são para potências elevadas (MW) e a tensão comercial gerada é razoavelmente baixa (kV), a corrente elétrica no gerador é de grande intensidade. Por fatores econômicos, a subestação elevadora é construída o mais próximo possível da geração.

Dentro dessa subestação são colocados os transformadores elevadores, que recebem dos geradores as tensões de 6,9kV, 13,8kV ou 18,0kV e elevam-nas para as tensões de **transmissão**, que são de 69kV, 138kV, 230kV, etc. Como a corrente produzida (pelos geradores) é muito alta, inviabilizando o transporte até os centros de consumo, eleva-se a tensão (conseqüentemente, diminuindo a corrente) para que possamos fazer a transmissão dessa energia a longas distâncias por torres de transmissão (5), com bitolas de condutores mais finas.

$$\text{No gerador } P = E \cdot I$$

$$\text{Na transmissão } P = E \cdot I$$

1.2.5. Subestação Abaixadora (6)

Pelas torres de transmissão, essa energia é transportada até os centros de consumo. A energia chega em uma subestação abaixadora, onde recebe os valores de tensão de 69kV, 138kV, 230kV, etc., e através de transformadores, abaixa-os para os valores de "tensão de distribuição" de 34,5kV e 13,8kV. Essas tensões seguem até a subestação de distribuição.

1.2.6. Subestação de Distribuição (7)

Da subestação de distribuição os condutores saem e seguem para a distribuição urbana (cidade) em 13,8kV (8). Nas ruas, de trechos em trechos, conforme o consumo e em função da quantidade de consumidores, são instalados transformadores nos postes da concessionária, que reduzem a tensão de 13,8kV para a baixa tensão em 127V e 220V (padrão COPEL) para a utilização residencial (9) ou industrial (10).

De um dos condutores (11) da rede de 34,5kV deriva para a "distribuição rural" (12). Como segue apenas uma fase (monofásico), para a distribuição rural a tensão é $\frac{34,5}{\sqrt{3}} = 19,9\text{kV}$. Na propriedade do consumidor, para obter

a baixa tensão, ou seja, a tensão de distribuição, o neutro é derivado do solo, fazendo com que a tensão entre neutro e fase seja 127V e entre fases a tensão é 254V.

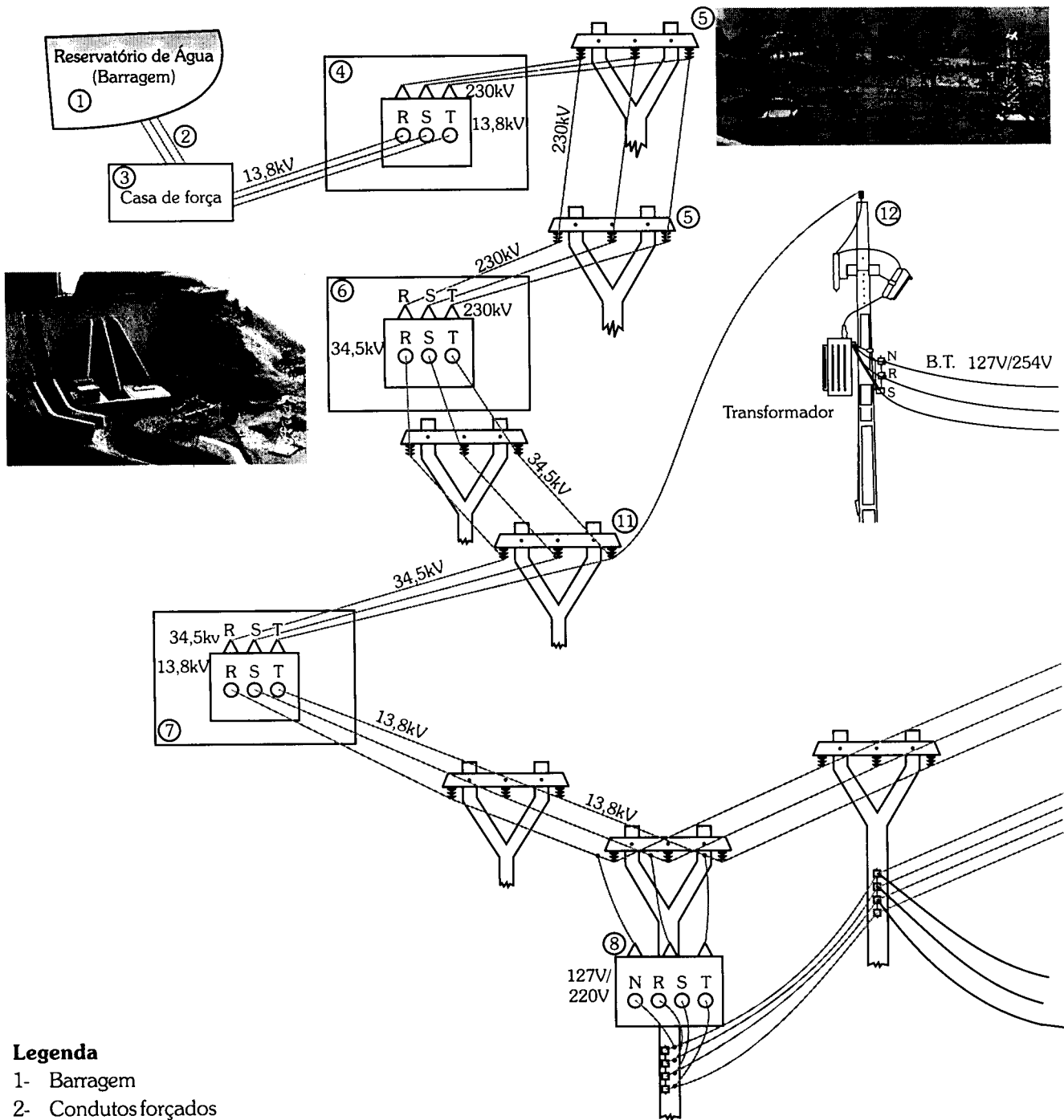
Segundo a Norma Brasileira, as tensões são classificadas em quatro níveis:

- **Baixa Tensão:** vai até 1.000V;
- **Média Tensão:** acima de 1.000V até 72.500V;
- **Alta Tensão:** acima de 72.500 até 242.000V;
- **Extra-Alta Tensão:** acima de 242.000 V.

As tensões podem ser subdivididas em:

- EBT/UBT = 48V; 24V e 12V
- BT = 1000 V; 760 V; 660 V; 440 V; 380 V; 230 V; 220 V; 127 V (FN) e 115 V (FN)
- MT (ou AT de Distribuição) = 34,5 kV; 25,8 kV; 23 kV; 13,8 kV; 13,2 kV; 12,6 kV; 11,5 kV; 6,9 kV; 4,16 kV e 2,13 kV
- AT (Tensão de Transmissão) = 500 kV; 230 kV e 138 kV
- Tensão de sub transmissão = 69 kV
- EAT = 600 kVCC (Corrente Contínua)
- EAT = 750 kV
- UAT = 800 kV

Nota: BT = Baixa Tensão; AT = Alta Tensão; EBT = Extra-Baixa Tensão; MT = Média Tensão; EAT = Extra-Alta Tensão e UAT = Ultra-Alta Tensão.

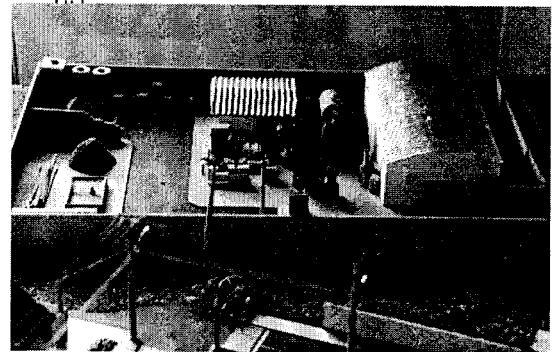
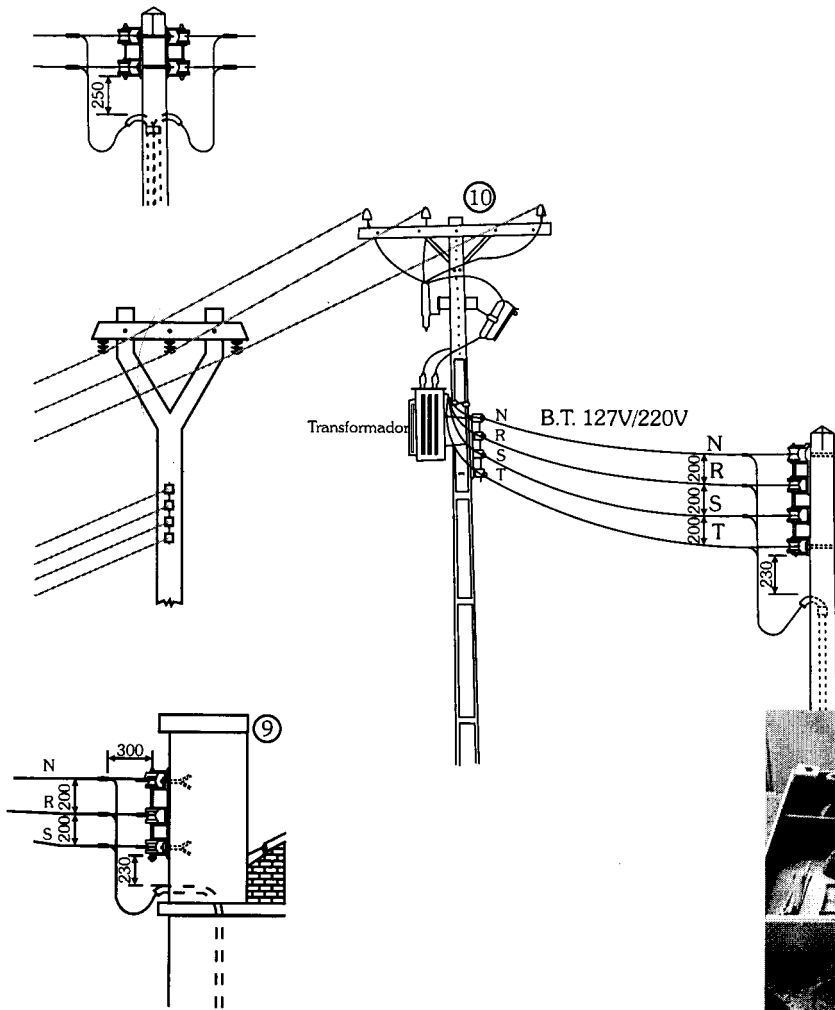


Legenda

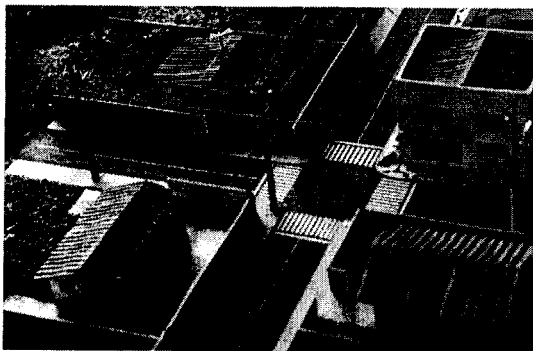
- 1- Barragem
- 2- Conduitos forçados
- 3- Casa de Força
- 4- Subestação Elevadora
- 5- Torres de Transmissão
- 6- Subestação Abaixadora
- 7- Subestação de Distribuição
- 8- Posto de Transformação para Baixa Tensão (B.T.)
- 9- Consumidor Residencial
- 10- Consumidor Industrial
- 11- Derivação para Distribuição Rural
- 12- Consumidor Rural



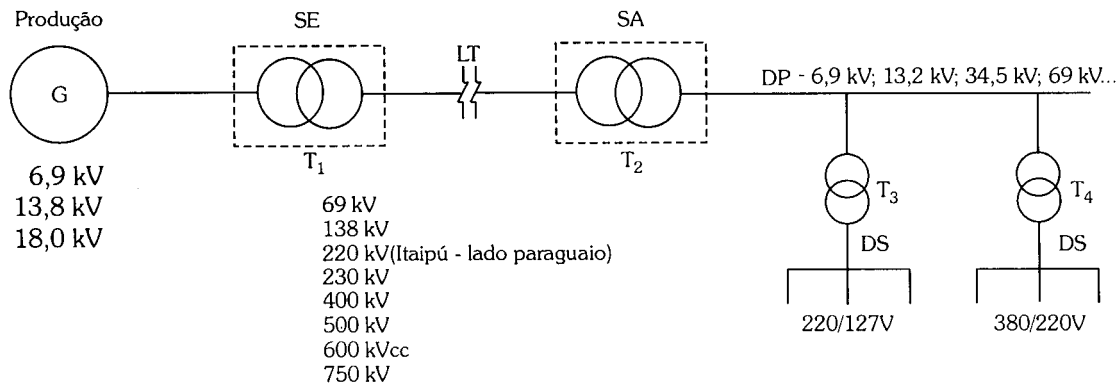
Nota: As letras que representam as fases e neutro, não possuem um designação específica, apenas denominadas por convenção, e podem ser: N=Condutor neutro; R=Condutor fase 1; S=Condutor fase 2 e T=Condutor fase 3. Ou ainda podem ser encontradas em algumas literaturas, da seguinte forma: N=Neutro e para as fases as letras: A, B e C. A NBR 5410 utiliza as seguintes denominações: N=Neutro e para as fases L₁, L₂ e L₃.



Visão Geral



1.2.7. Esquema Unifilar da Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica



- **G** - Geração
- **SE** - Subestação Elevadora
- **LT** - Linha de Transmissão
- **SA** - Subestação Abaixadora
- **DP** - Distribuição Primária
- **DS** - Distribuição Secundária
- **T₁, T₂, T₃ e T₄** - Transformadores

1.3. Eletricidade

"**Eu sou a força inesgotável** que move grandes máquinas, forneço luz que concorre até mesmo com a do Sol, aqueço e também esfrio; sou o sopro invisível que conduz mensagens e sons a todos os recantos do mundo; sou o impulso poderoso que arrasta locomotivas, rápidos veículos e barcos enormes. Com o meu auxílio, o homem domina a Terra, sulca os ares, baixa ao fundo do mar, penetra até as entranhas do nosso planeta. Sob minha influência maravilhosa, os motores palpitam, os corpos fundem-se e volatizam-se e, em uma faísca majestosa, forjo, fundo e ligo os metais mais resistentes. Meu poderio é incalculável, porém submetido ao homem, que conhece meus segredos; sob sua sábia direção levo a civilização até os mais recônditos confins do mundo; sou a base do progresso: eu sou a **eletricidade**."

Na primeira parte deste capítulo, tivemos a oportunidade de conhecer os diversos tipos de **energia**, bem como os **processos de produção e transformação**.

Vimos que de todas as formas de **energia**, a **eletricidade**, ou **energia elétrica**, é uma das mais versáteis, pois se transforma com muita facilidade e eficiência em muitas outras modalidades.

Conhecemos também as **usinas hidrelétricas, transmissão, distribuição, seus equipamentos** e os serviços que a **eletricidade** presta ao homem, mas nada foi dito quanto à essência dessa modalidade de energia, ou seja, quais as partículas que de fato determinam seu comportamento.

1.3.1. Estrutura da Matéria

O estudo da **eletricidade** fica mais fácil se analisarmos a partir dos conceitos básicos da **estrutura da matéria**.

Tudo o que existe no **universo**, desde estrelas e planetas situados nos pontos mais afastados até a menor partícula de poeira, é constituído de **matéria**, que pode se apresentar das mais variadas formas.

A menor parte da **matéria**, sem que ela perca suas características originais, é denominada **molécula**.

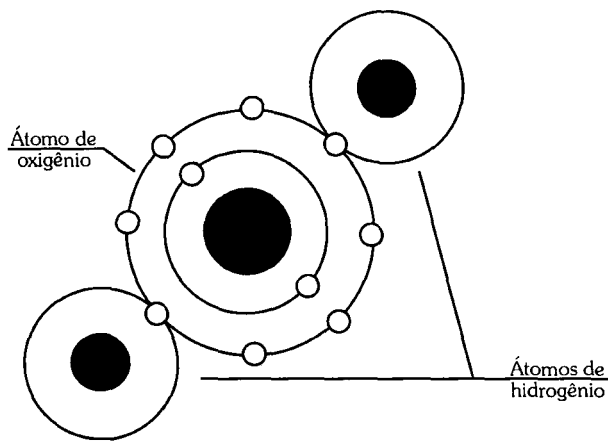


Figura 1.4 - A molécula de água - H₂O.

Se dividirmos as moléculas, elas perdem suas características, e na divisão obtêm-se partículas denominadas **átomos**.

Os **átomos** são compostos por partículas infinitesimais (muito pequenas) denominadas **prótons, nêutrons e elétrons**.

Os **prótons e nêutrons** estão localizados no núcleo. Enquanto **prótons** comportam-se como carga elétrica elementar positiva, **nêutrons** não têm carga elétrica.

Os **elétrons** estão localizados na **eletrosfera** e possuem **carga elétrica negativa**.

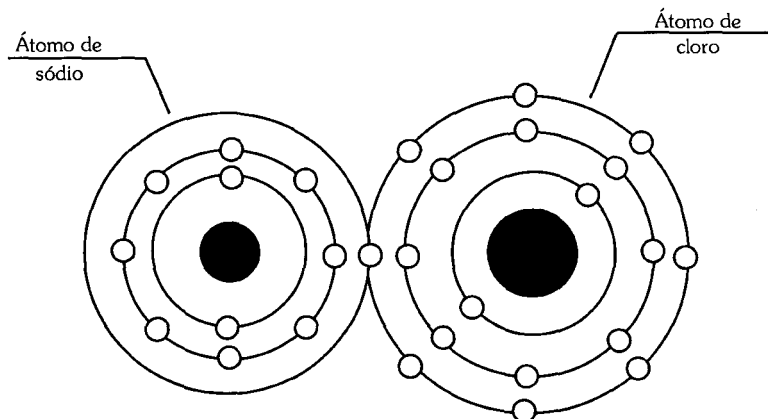


Figura 1.5 - A molécula de sal - NaCl.

Átomo em grego significa indivisível. Até há pouco tempo julgava-se correto este significado, porém, com o aprofundamento dos estudos e pesquisas da **física nuclear**, verificou-se que o fenômeno da indivisibilidade não era verdadeiro, pois através de bombardeamentos é possível a divisão do átomo, que gera a famosa e polêmica **energia atômica** ou **energia nuclear**.

A disposição das partículas do **átomo** (**prótons, nêutrons e elétrons**), conforme a teoria atômica, foi proposta pelo físico dinamarquês **Niels Bohr** (1885-1962) que caracteriza uma semelhança muito grande com o **sistema solar**, ou seja:

- O **núcleo** representa o Sol e é constituído por prótons e nêutrons.
- Os **elétrons** giram em volta do núcleo em órbitas planetárias.

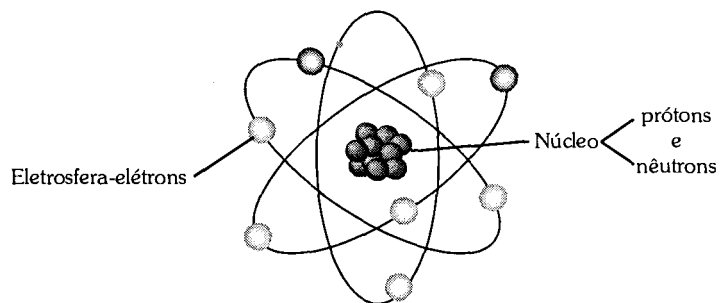


Figura 1.6 - Modelo atômico de Bohr.

Os **elétrons** que giram em órbitas mais externas do átomo são atraídos pelo núcleo com menor força do que os elétrons das órbitas mais próximas. Os mais afastados são denominados **elétrons livres**, e com muita facilidade podem se desprender de suas órbitas.

Devido a essa característica, podemos dizer que...

... os elétrons livres sob uma tensão elétrica dão origem à corrente elétrica.

A facilidade ou a dificuldade de os **elétrons livres** se libertarem ou se deslocarem de suas órbitas determina...

... a condutibilidade elétrica da matéria ou substância.

Ou seja: se os **elétrons** se libertarem com facilidade de suas órbitas, como é o caso dos metais como o **ouro**, a **prata**, o **cobre**, o **alumínio**, a **platina**, etc., esses materiais recebem o nome de...

... condutores elétricos.

Entretanto, se os **elétrons** tiverem dificuldade de se libertar de suas órbitas, isto é, estiverem presos ao núcleo, como é o caso do **vidro**, **cerâmica**, **plástico**, **baquelite**, etc., esses materiais serão denominados de...

... isolantes elétricos.

Aprendemos até agora que a "**eletricidade**" é constituída por partículas diminutas chamadas **elétrons**, **prótons** e **nêutrons**, e que os elétrons se movem com maior ou menor velocidade dependendo das características dos materiais.

No entanto, através de nossa percepção e de seus efeitos, podemos ...

Observá-la

Num dia de tempestade, quando ocorrem raios e relâmpagos, presenciamos a formação de um arco ou centelha (figura 1.7); ou ao fechar um interruptor, verificamos que a lâmpada acende (figura 1.8). Temos aí exemplos visuais da eletricidade.

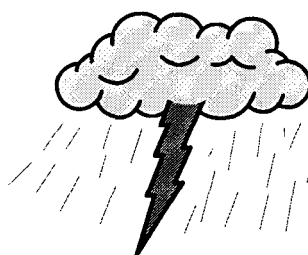


Figura 1.7

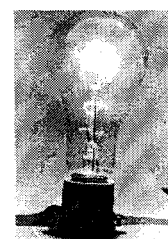


Figura 1.8

Senti-la

Todos nós já tivemos a estranha e desagradável sensação do choque elétrico, ao tocarmos em partes "vivas" (energizadas) de uma instalação elétrica.

Atenção: Antes de lidar com a instalação elétrica, certifique-se (tenha absoluta certeza) de que o disjuntor esteja desligado. Um pequeno descuido pode ocasionar acidente grave.

Medi-la

Utilizando instrumentos adequados, como, por exemplo, voltímetros, amperímetros, etc., podemos medir a energia elétrica. Aliás, o ato de medir, registrar ou avaliar grandezas faz parte da natureza do homem, desde épocas muito remotas (figura 1.9).

Os efeitos da eletricidade são possíveis devido aos seguintes fatores:

- corrente elétrica;
- tensão elétrica;
- potência elétrica;
- resistência elétrica.



Figura 1.9

1.3.2. Grandezas Elétricas Fundamentais

1.3.2.1. Corrente Elétrica

Vimos que os **átomos** são formados por minúsculas **partículas**, e que na **eletrosfera** existem **elétrons** girando em torno do núcleo. Vimos também que existem elétrons que estão bem afastados do núcleo, e que podem se desprender com facilidade. Num condutor, esses elétrons, a princípio, movimentam-se de forma **aleatória** (figura 1.10), ou seja, de forma desordenada, estimulados por pequenas quantidades de energia, até mesmo pela temperatura ambiente.

No entanto, a partir do momento que esses elétrons livres movem-se ordenadamente (figura 1.11), temos a **corrente elétrica**.

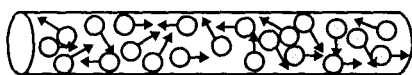


Figura 1.10

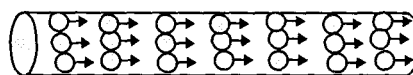


Figura 1.11

Portanto...

... corrente elétrica é o movimento ordenado de elétrons livres no interior de um condutor elétrico sob a influência de uma fonte de tensão elétrica.

O instrumento usado para medir a **corrente elétrica** é o **amperímetro (A)**.

A **corrente elétrica** é representada pela letra "**I**". A unidade de medida de **corrente elétrica** é o **ampère (A)**.

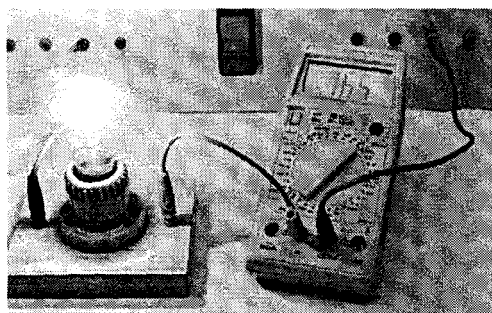


Figura 1.12 - O VOM com seletor na grandeza elétrica "corrente elétrica" registra 0,765 A ou 765 mA.

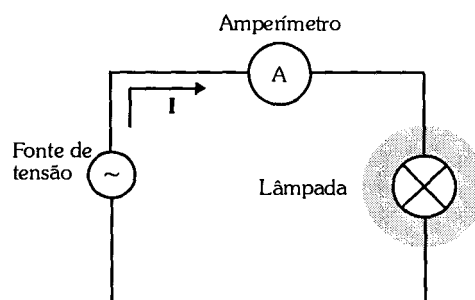


Figura 1.13

Só há corrente elétrica se houver uma carga conectada a um circuito fechado.

Circuito Fechado

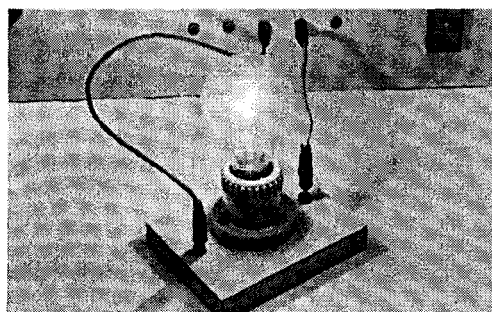


Figura 1.14

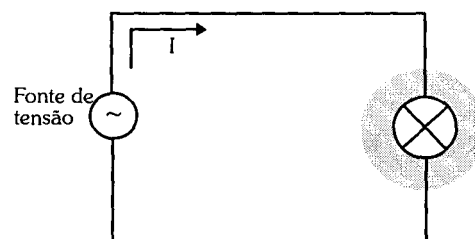


Figura 1.15

Circuito Aberto

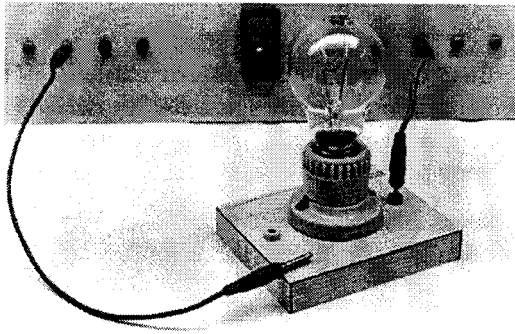


Figura 1.16

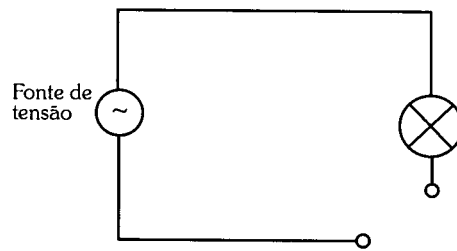


Figura 1.17

Não há circulação de corrente, a lâmpada não acende.

1.3.2.2. Tensão Elétrica

Vimos que só há **corrente elétrica** em um circuito fechado, isto é, quando os terminais de uma determinada carga (lâmpada, motor, chuveiro, aquecedor, etc.) estiverem ligados, por meio de condutores elétricos, a uma fonte de **tensão elétrica**.

Portanto...

...tensão elétrica é a força exercida nos extremos do circuito, para movimentar de forma ordenada os elétrons livres.

O instrumento usado para medir tensão elétrica é o **voltímetro (V)**.

O símbolo que representa a **tensão elétrica** é a letra "E".

A unidade de medida de **tensão elétrica** é o **volt (V)**.

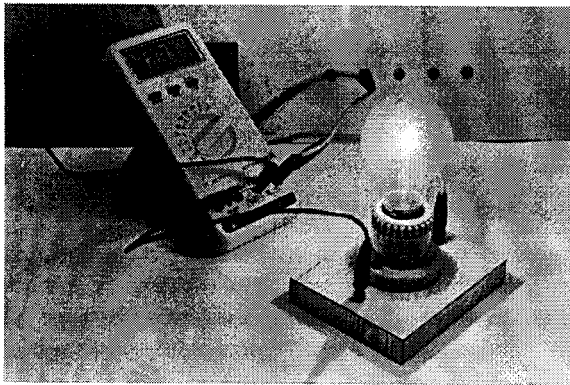


Figura 1.18 - O VOM com seletor na grandeza elétrica "tensão elétrica" registra 123,7 V da tensão padrão 127 V.

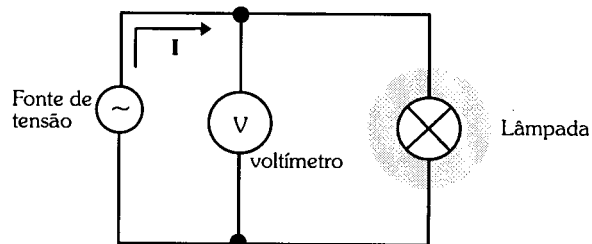


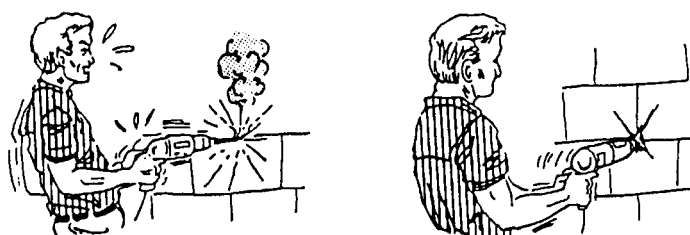
Figura 1.19

1.3.2.3. Potência Elétrica

É uma grandeza utilizada com frequência na especificação dos equipamentos elétricos. Ela determina basicamente o quanto uma lâmpada é capaz de emitir luz, o quanto o motor elétrico é capaz de produzir trabalho ou a carga mecânica que pode suportar em seu eixo, o quanto um chuveiro é capaz de aquecer a água, ou quanto um aquecedor de ambientes é capaz de produzir calor, etc.

A **potência** normalmente é responsável pelas dimensões dos equipamentos ou máquinas.

Quanto maior a potência maior será o trabalho realizado em um determinado tempo.



Todos os aparelhos são projetados para desenvolver ou dissipar uma certa potência.

Não podemos exigir que um pequeno rádio de pilha seja capaz de fornecer 300 W de potência. Isso representa para ele o mesmo que tentar transportar um caminhão no bagageiro de um fusquinha.

É importante ter em mente que, para haver **potência elétrica**, é necessário:

tensão elétrica (E) e corrente elétrica (I).

De tudo que foi estudado sobre **corrente, tensão e potência**, podemos concluir o seguinte:

Num circuito com uma lâmpada incandescente de 100 W, ligada a uma fonte de tensão variável, teremos: diminuindo a tensão e a corrente, o brilho da lâmpada será menor (menor potência). Veja a figura 1.20.

Aumentando a tensão e a corrente, o brilho da lâmpada será maior (maior potência). Observe a figura 1.21.

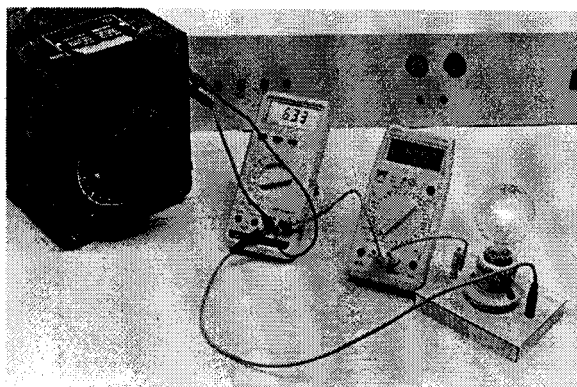


Figura 1.20

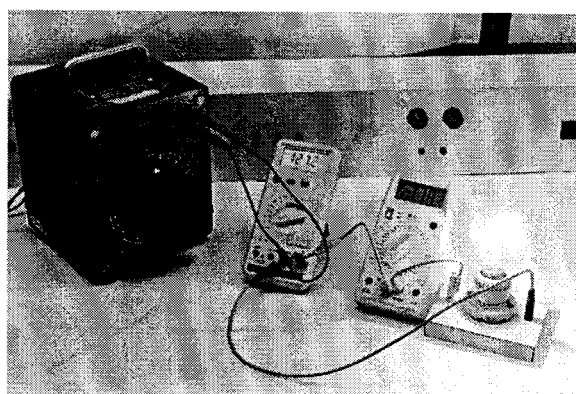


Figura 1.21

Isto significa que ...

... a tensão, a corrente e a potência variam de maneira direta.

Podemos expressar a relação anterior, matematicamente, da seguinte forma:

$$P = E \times I \text{ (VA)}$$

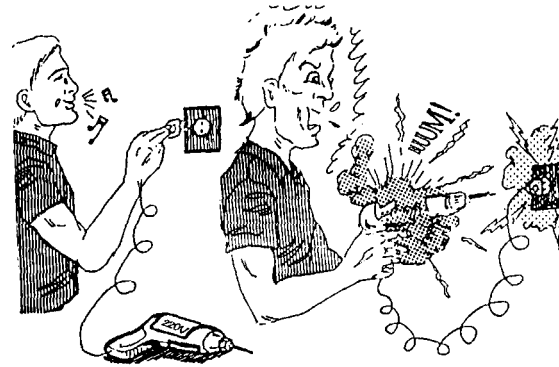
A essa potência denominamos **potência aparente**.

Nota: A **potência aparente** é normalmente representada pela letra "S". No entanto, como o objetivo deste trabalho é fornecer informações básicas de eletricidade, representaremos tanto a **potência aparente** como a **potência ativa** pela letra "P".

Atenção: Os valores de **tensão**, **corrente** e **potência** sempre devem ser muito bem observados, pois do contrário podemos causar graves danos aos equipamentos, aparelhos e às instalações, provocando acidentes de conseqüências imprevisíveis.



ou



A **potência aparente** é formada por duas outras potências.

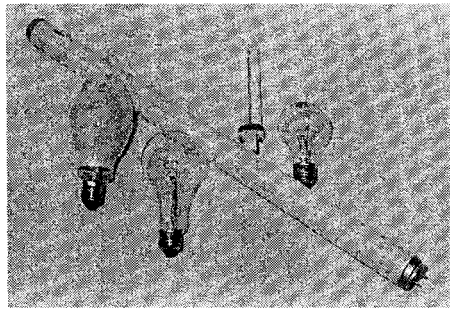
Potência ativa

e

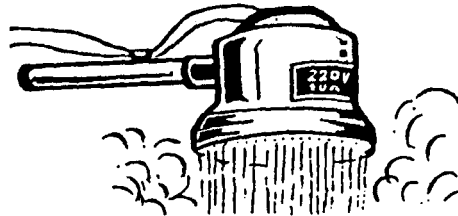
Potência reativa

A **potência ativa** é aquela que realmente se transforma em:

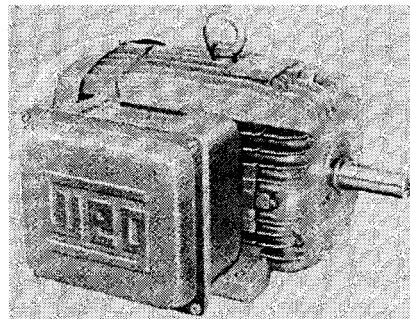
Potência luminosa



Potência térmica

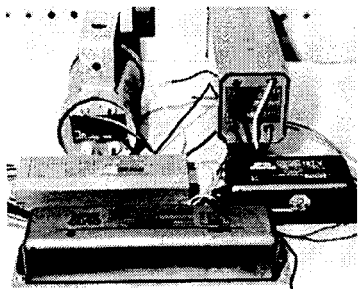


Potência mecânica

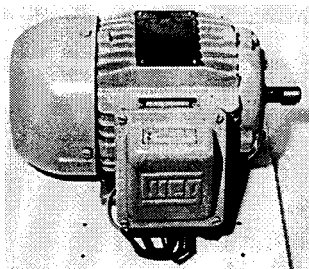


A unidade de medida de potência ativa é o **watt (W)**.

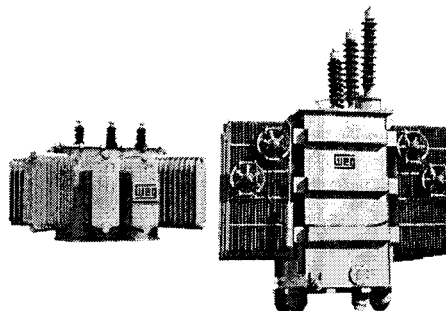
A **potência reativa** é aquela consumida para manter os efeitos do campo magnético (indução) necessário ao funcionamento de:



Reatores



Motores
(Cortesia: Weg)



Transformadores
(Cortesia: Weg)

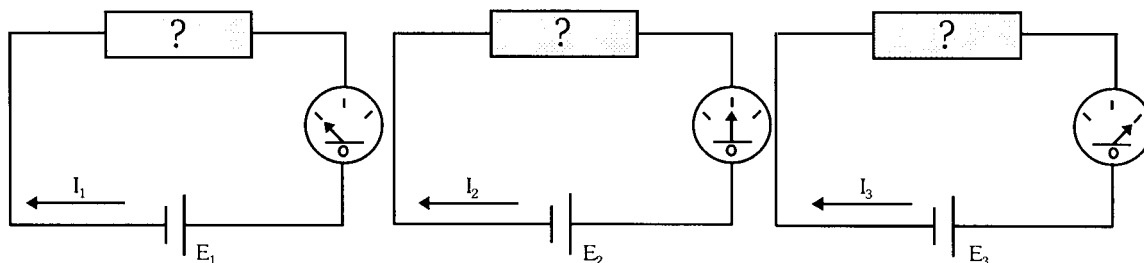
A unidade de medida da potência reativa é o **volt-ampère reativo (var)**.

Os cálculos efetuados nos **projetos de instalações elétricas prediais** serão baseados na **potência ativa** e na **potência aparente**.

1.3.2.4. Resistência Elétrica - Lei de Ohm

Estudamos anteriormente os corpos condutores e isolantes. Nos corpos **condutores** os elétrons se movem com facilidade e são chamados de **elétrons livres**, enquanto nos corpos **isolantes** os elétrons movem-se com extrema dificuldade, ou simplesmente não se movem.

Os primeiros estudos da resistividade dos materiais foram feitos em 1826, pelo físico alemão **Georg Simon Ohm** (1789-1854), relacionando grandezas relativas à **corrente elétrica**. Ele percebeu que a cada **diferença de potencial (ddp) ou tensão elétrica** $E_1; E_2; E_3 \dots$ aplicada a um circuito por onde passa uma corrente, e variando essa ddp ou tensão, a corrente também variará $I_1; I_2; I_3 \dots$. Isso ocorre de tal modo que do quociente entre a ddp ou tensão e a corrente obtém-se uma **constante**. Ou seja:



Ohm relacionou os valores das duas grandezas (**tensão e corrente**) e concluiu que essas grandezas são diretamente proporcionais. Então:

$$\frac{E_1}{I_1} = \frac{E_2}{I_2} = \frac{E_3}{I_3} = \dots = \frac{E}{I} = (?) \text{ Constante}$$

Essa **constante** de proporcionalidade é o que representa a **resistência elétrica**, ou seja,...

... a oposição oferecida por todos os elementos do circuito à passagem da corrente elétrica.

A resistência elétrica é representada pela letra "**R**".

A expressão matemática da **Lei de Ohm** é:

$$R = \frac{E}{I} \quad \text{ou} \quad E = R \cdot I$$

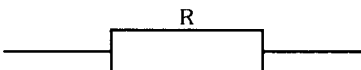
Sendo:

- **R** - Resistência elétrica, em **ohm** (Ω).
- **E** - Tensão elétrica, em **volt** (V).
- **I** - Intensidade de corrente elétrica, em **ampère** (A).

Foi desta forma que nasceu a **Lei de Ohm**:

A intensidade da corrente elétrica que passa por uma resistência elétrica é diretamente proporcional à diferença de potencial ou tensão elétrica entre os terminais da resistência.

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

O símbolo de **resistência elétrica** é um retângulo: 

Todos os materiais apresentam resistência à passagem da corrente elétrica, até mesmo os bons condutores, os quais são de baixo ou baixíssimo valor.

Existem elementos que são intercalados proposadamente nos circuitos, cuja finalidade é limitar ou controlar a corrente de funcionamento dos circuitos. Esses elementos denominam-se **resistores, potenciômetros e reostatos**.

Os **resistores** possuem valores fixos e podem ser de **carbono** cujos valores variam de **0,1 Ω** a **22M Ω** , e os de **fio** com valores que variam desde **1,0 Ω** a **100 k Ω** .

Os **potenciômetros** e os **reostatos** possuem valores ajustáveis.

Alguns tipos de resistores, potenciômetros e reostatos podem ser vistos na figura 1.22.

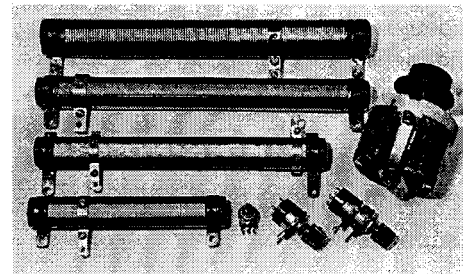


Figura 1.22

Nota: Ao ser atravessado pela corrente elétrica, o **resistor** acarreta ao circuito uma queda de tensão, que é medida em **volt** (V).

Como exemplo de utilização prática e eficiente do resistor, podemos citar a "resistência" de um ferro elétrico (figura 1.23), o filamento de uma lâmpada incandescente (figura 1.24), ou a "resistência" de um ferro de solda (figura 1.25).

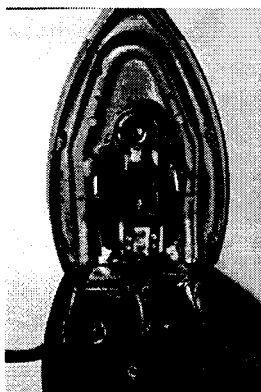


Figura 1.23



Figura 1.24

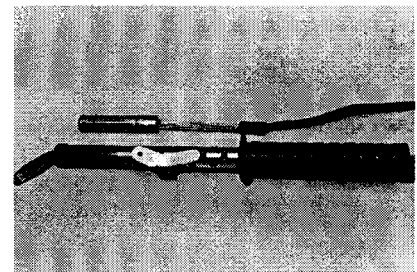
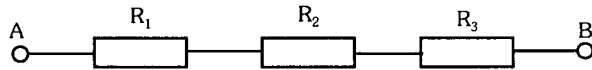
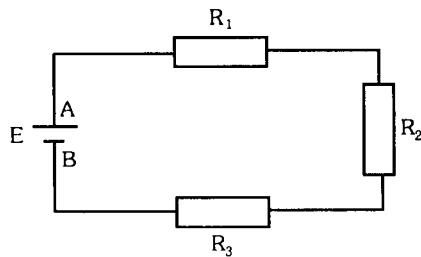


Figura 1.25

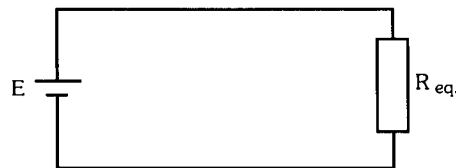
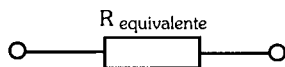
1.3.3. Tipos de Circuito

1.3.3.1. Circuito Série

É aquele no qual todos os elementos se encontram interligados em série com a fonte de energia.



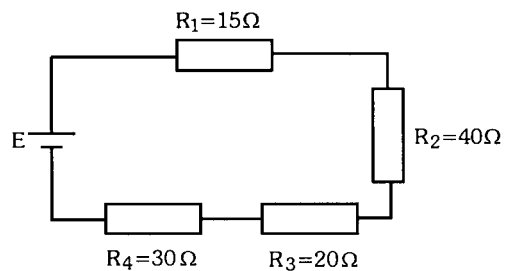
Podemos pensar em substituir os três resistores por um único resistor que realize a mesma função dos três juntos, ou seja, equivalente aos três:



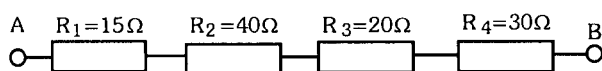
Nos circuitos série, o resistor equivalente é igual à soma numérica do valor dos resistores. Assim, no caso anterior, temos:

$$R_{eq.} = \sum R$$

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

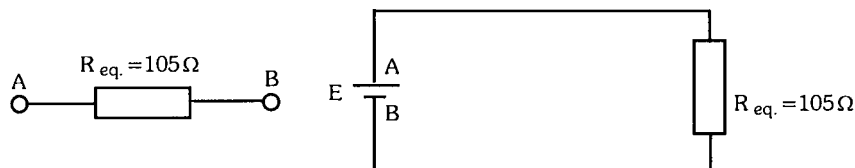


Retirando a fonte e esticando o circuito, teremos:



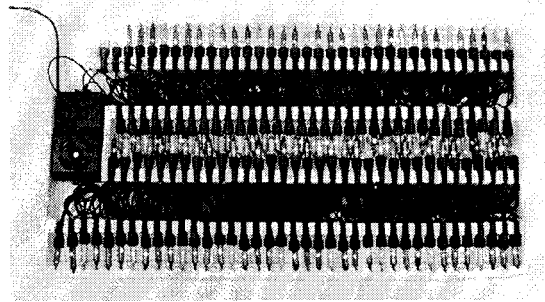
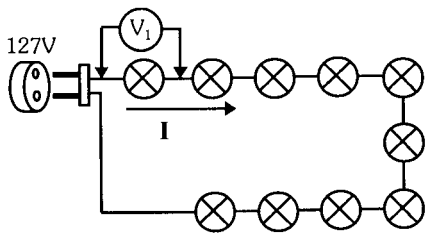
$$R_{eq.} = 15 + 40 + 20 + 30 = 105 \Omega$$

Colocando o resistor equivalente nos circuitos, teremos:



Em instalações elétricas prediais, não são usados resistores, mas sim lâmpadas e outros aparelhos, porém esse tipo de ligação não deve ser utilizado.

Um exemplo desse tipo de ligação é o cordão para iluminação de árvores de Natal, que possui dez lâmpadas de 12 V, ou 100 lâmpadas de 1,2V, as mais utilizadas atualmente, conforme o esquema e a figura apresentados em seguida.



É possível deduzir, pela simples observação, que o **somatório das quedas de tensão individuais** (tensão em cada uma das lâmpadas) é igual à **tensão** de alimentação ou **da fonte**.

As ligações série apresentam um só caminho para a corrente seguir; logo, se uma das lâmpadas queimar, todas apagam, pois o circuito ficou interrompido. Neste caso, para achar a lâmpada com defeito ou queimada, devemos testar lâmpada por lâmpada até encontrar a defeituosa ou queimada.

Todos os componentes do circuito série são dependentes uns dos outros para poderem funcionar corretamente.

Concluimos que:

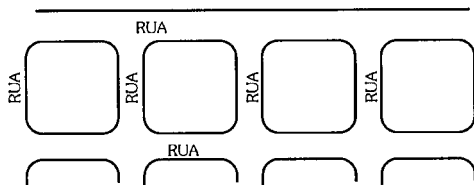
A corrente é a mesma em todos os pontos do circuito.
A tensão aplicada ao circuito divide-se
proporcionalmente em cada uma das lâmpadas, ou seja:

$$E = \sum V \text{ ou } E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

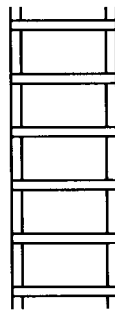
Atenção: Em instalações elétricas, não é usado esse tipo de ligação (ligação série), exceto no caso citado.

1.3.3.2. Circuito Paralelo

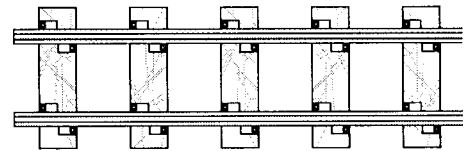
Podemos citar como exemplo de paralelismo:



Ruas paralelas.



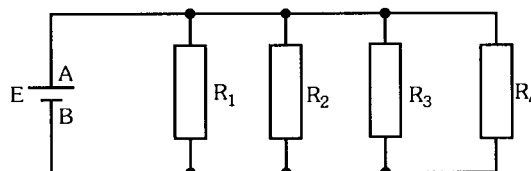
Os degraus de uma escada.



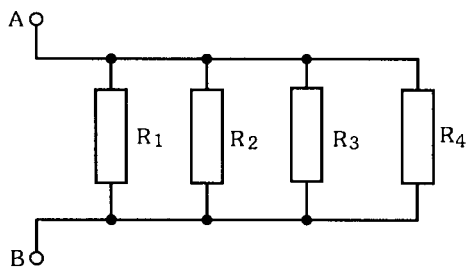
Os trilhos do trem ou do metrô.

Circuito elétrico paralelo é aquele em que todos os elementos se encontram em paralelo com a fonte de energia.

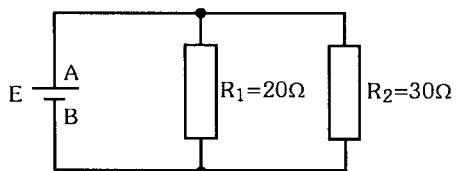
Exemplo:



Nos circuitos paralelos é impossível obter uma linha reta "esticando" o circuito:



Da mesma forma que nos circuitos série, nos circuitos paralelos podemos também obter um resistor que seja equivalente a todos do circuito. Veja o exemplo em seguida:



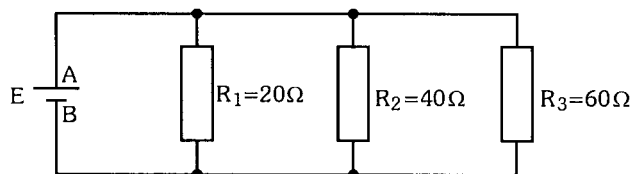
$$R_{eq.} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_{eq.} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} \Rightarrow$$

$$R_{eq.} = \frac{600}{50} \Rightarrow R_{eq.} = 12\Omega$$

Para o exemplo podemos substituir os dois resistores por um único de **12Ω**.



Vejam agora um circuito com três resistores:



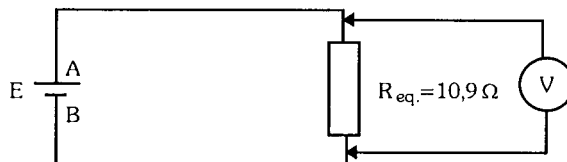
$$R_{eq.} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \Rightarrow$$

$$R_{eq.} = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{1}{40} + \frac{1}{60}} \Rightarrow$$

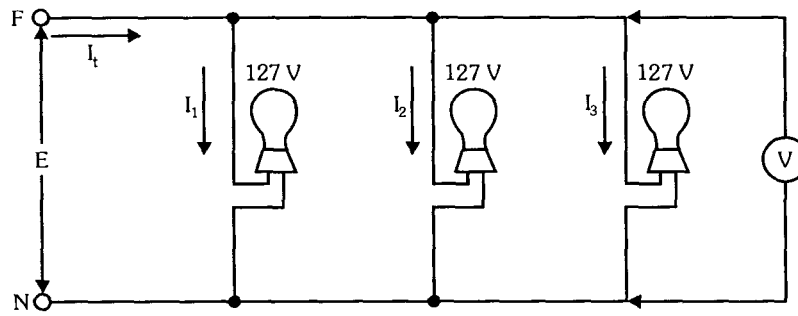
$$R_{eq.} = \frac{1}{0,05 + 0,025 + 0,0167}$$

$$\Rightarrow R_{eq.} = \frac{1}{0,0917} \Rightarrow R_{eq.} = 10,9\Omega$$

O circuito equivalente será:



O circuito paralelo apresenta vários caminhos para a corrente (indicados pelas setas no esquema seguinte), o que significa que se uma das lâmpadas queimar, as demais permanecerão acesas.



Portanto, a corrente total é igual à soma das correntes parciais: $I_t = I_1 + I_2 + I_3$. A tensão é a mesma em todos os pontos do circuito: $E = V$.

Em instalações elétricas, todas as cargas (lâmpadas e aparelhos) são ligadas nessa modalidade de ligação, ou seja, em PARALELO.

2

Símbolos Gráficos para Instalações Elétricas Prediais

2.1. Simbologia Padronizada

2.1. Simbologia Padronizada

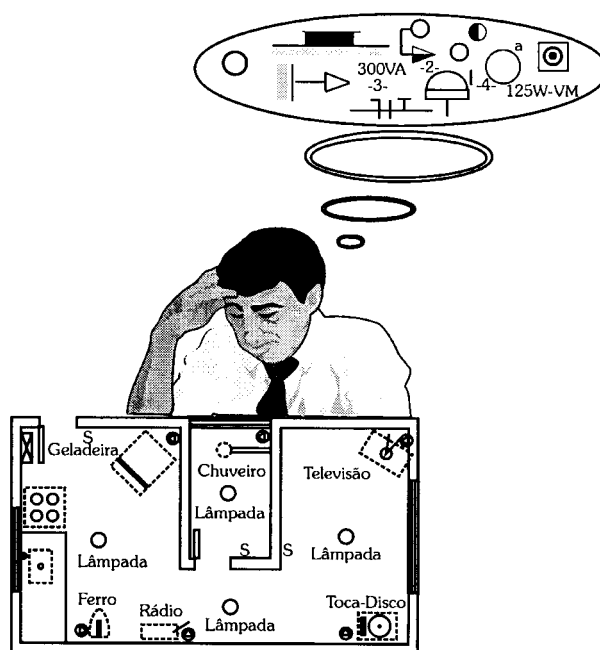
Desde os tempos antigos o homem se preocupa em transmitir para gerações futuras seus inventos, suas idéias, seus pensamentos, e para isso utiliza várias formas, dentre as quais o desenho e os símbolos.

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

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

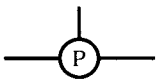
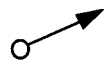

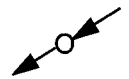

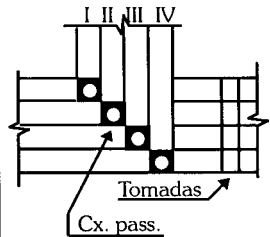
Veja em seguida uma série de símbolos que deve ser utilizada pelos projetistas de instalações elétricas em duas versões: **esquema multifilar e esquema unifilar**. Os símbolos dos esquemas multifilares são utilizados somente para representação de esquemas elementares para demonstração ou experiências em laboratório. Os símbolos assinalados com "*" foram acrescentados pelos autores como sugestão na elaboração de desenhos e projetos elétricos.

Na coluna denominada "unifilar", a norma **NBR 5444** estabelece como sendo "**símbolo**".









A. Dutos e Distribuição





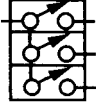

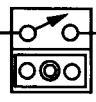


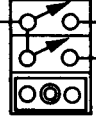

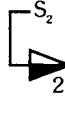




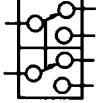





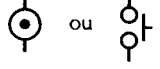




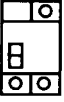

Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
		Eletroduto embutido no teto ou parede. Diâmetro 25 mm.	Todas as dimensões em mm. Indicar a bitola se não for 15 mm.
		Eletroduto embutido no piso.	
		Tubulação para telefone externo.	
		Tubulação para telefone interno.	
		Tubulação para campainha, som, anunciador ou outro sistema.	Indicar na legenda o sistema passante.
R ou S ou T		Condutor de fase no interior do eletroduto.	Cada traço representa um condutor. Indicar bitola (seção), número do circuito e a bitola (seção) dos condutores, exceto se forem de 1,5 mm².
N		Condutor neutro no interior do eletroduto.	
		Condutor de retorno no interior do eletroduto.	
$\frac{1}{2}$ ou PE		Condutor de proteção (terra) no interior do eletroduto.	
		Condutor bitola 1,0 mm², fase para campainha.	Se for bitola maior, indicá-la.
		Condutor bitola 1,0 mm², retorno para campainha.	
		Condutor seção 1,0 mm², neutro para campainha.	
		Condutor positivo no interior do eletroduto.	
		Condutor negativo no interior do eletroduto.	
		Cordoalha de terra.	Indicar a bitola (seção) utilizada: em 50• significa 50 mm².
Neutro, Fase e Terra		Condutores neutro, fase e terra no interior do eletroduto, com indicação do número do circuito e seção dos condutores.	
		Leito de cabos com um circuito passante, composto de três fases, cada um por dois cabos de 25 mm² mais dois cabos de neutro bitola 10 mm².	25• significa 25 mm². 10• significa 10 mm².
		Caixa de passagem no piso.	Dimensões em mm.

Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
	 Cx. pass. (200x200x100)	Caixa de passagem na parede.	Indicar altura e se necessário fazer detalhe (dimensões em mm).
		Circuito que sobe.	
		Circuito que desce.	
		Circuito que passa descendo.	
		Circuito que passa subindo.	
	 Tomadas Cx. pass.	Sistema de calha de piso.	No desenho, aparecem quatro sistemas que são habitualmente: I- Luz e força II- Telefone (Telebrás) III- Telefone (P(a), Bx, ks, ramais) IV- Especiais (comunicações)

B. Quadros de Distribuição

Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
		Quadro terminal de luz e força aparente. QD	Indicar as cargas de luz em watts e de força em W ou kW.
		Quadro terminal de luz e força embutido. QD	
		Quadro geral de luz e força aparente. QD	
		Quadro geral de luz e força embutido. QD	
		Caixa de telefones. QD	
		Caixa para medidor ou Quadro de medição embutido. QM	


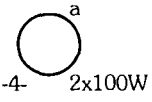
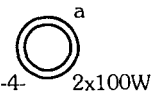
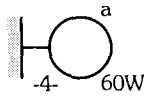
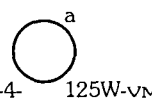
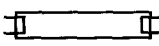
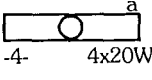
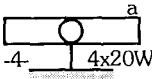
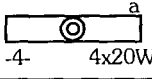
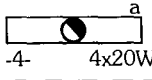
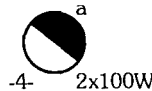



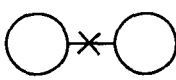


C. Interruptores

Multifilar	Unifilar Oficial	Unifilar Antigo	Significado	Observações
		S	Interruptor simples de uma seção (uma tecla).	A letra minúscula indica o ponto de comando.
		S₂	Interruptor simples de duas seções (duas teclas).	
		S₃	Interruptor simples de três seções (três teclas).	
			Conjunto de interruptor simples de uma tecla e tomada.	O número entre dois traços indica o circuito correspondente.
			Conjunto de interruptor simples de duas teclas e tomada.	As telas minúsculas indicam o ponto comandado e o número entre dois traços, o circuito correspondente.
		S_{3w} (S_p)	Interruptor paralelo de uma seção (uma tecla) ou three-way.	A letra minúscula indica o ponto comandado.
		S_{3w2} (S_{2p})	Interruptor paralelo de duas seções (duas teclas) ...	A letra minúscula indica os pontos comandados.
		S_{3w3} (S_{3p})	Interruptor paralelo de três seções (três teclas) ...	
			Interruptor paralelo bipolar.	A letra minúscula indica o ponto comandado.
		S_{3w} (S_i)	Interruptor intermediário ou four way.	
			Interruptor simples bipolar.	
			Botão de campainha na parede (ou comando a distância).	
			Botão de campainha no piso (ou comando a distância).	
			Minuteria eletrônica, ref. PIAL.	


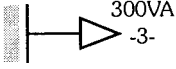
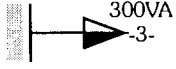
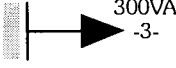




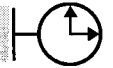









C. Interruptores

Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
		Fusível.	Indicar tensão e corrente nominais.
		Chave seccionadora com fusíveis. Abertura sem carga.	
		Chave seccionadora com fusíveis e abertura em carga.	
		Chave seccionadora. Abertura sem carga.	Indicar tensão, corrente e potências nominais.
		Chave seccionadora. Abertura em carga.	
		Disjuntor a óleo.	
		Disjuntor a seco.	
		Relé fotoelétrico.	
		Interruptor automático por presença.	
		Bobina do relé de impulso.	Série 13 - Relé de Impulso Eletrônico 10A - 16A Série 20 - Relé de Impulso Modular 16A Série 26 - Relé de Impulso 10A (Finder) Série 27 - Relé de Impulso 10A (Finder)
 Relé 		Relé de impulso com um contato auxiliar (unipolar).	
		Relé de impulso com dois contatos auxiliares (bipolar).	
		Relé de impulso com três contatos auxiliares (tripolar).	Montagem em caixa: 5TT5133-220V (Siemens)
		Chave reversora.	




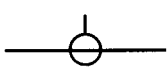

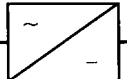
D. Luminárias, Refletores e Lâmpadas

Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
		Ponto de luz incandescente no teto. Indicar o número de lâmpadas e a potência em watts.	A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre dois traços, o circuito.
		Ponto de luz incandescente no teto (embutido).	
		Ponto de luz incandescente na parede (arandela).	Deve-se indicar a altura da arandela.
		Ponto de luz a vapor de mercúrio no teto. Indicar o número de lâmpadas e a potências em watts.	A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre dois traços, o circuito.
		Ponto de luz fluorescente no teto (indicar o número de lâmpadas e na legenda, o tipo de partida do reator).	A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre dois traços, o circuito.
		Ponto de luz fluorescente na parede.	Deve-se indicar a altura da luminária.
		Ponto de luz fluorescente no teto (embutido).	
		Ponto de luz fluorescente no teto em circuito vigia (emergência).	
		Ponto de luz incandescente no teto em circuito vigia (emergência).	
		Sinalização de tráfego (rampas, entradas, etc.).	
		Lâmpada de sinalização.	
		Refletor.	Indicar potência, tensão e tipo de lâmpadas.
		Poste com duas luminárias para iluminação externa.	Indicar as potências e tipo das lâmpadas.
		Lâmpada obstáculo.	
		Minuteria.	

E. Tomadas

Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
		Tomada de corrente na parede, baixa (300 mm do piso acabado).	A potência deve ser indicada ao lado em VA (exceto ser for de 100VA), como também o número do circuito correspondente e a altura da tomada, se for diferente da normalizada; se a tomada for de força, indicar o número de HP, CV ou BTU.
		Tomada de corrente a meia altura (1.300 mm do piso acabado).	
		Tomada de corrente alta (2.000 do piso acabado).	
		Tomada e corrente fase/fase meia altura (1.300 mm do piso acabado).	
		Tomada de corrente no piso.	
		Antena para rádio e televisão.	
		Relógio elétrico no teto.	
		Relógio elétrico na parede.	
		Saída de som no teto.	
		Saída de som na parede.	Indicar a altura "h".
	 ou 	Cigarra.	
	 ou 	Campainha.	
	 ou 	Quadro anunciador.	Dentro do círculo, indicar o número de chamada em algarismos romanos.

F. Motores e Transformadores

Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
		Gerador	Indicar as características nominais.
		Motor	Indicar as características nominais.
		Transformador de potencial	Indicar a relação de espiras e valores nominais.
		Transformador de corrente (um núcleo)	Indicar a relação de espiras, classe de exatidão e nível de isolamento. A barra de primário deve ter um traço mais grosso.
		Transformador de potencial	
		Transformador de corrente (dois núcleos)	

* Estes símbolos não constam na norma NBR 5444:1989. Foram acrescentados como sugestão, tendo em vista facilitar a execução de projetos de instalações elétricas.

3

Ferramentas para Instalações Elétricas

- 3.1. Introdução
- 3.2. Disposição das Ferramentas
- 3.3. Conservação das Ferramentas
- 3.4. Descrição Técnica

3.1. Introdução

Nos diversos setores da área técnica, as ferramentas desempenham um papel de grande importância; entretanto, o máximo rendimento que podemos obter de uma ferramenta está diretamente relacionado à qualidade do trabalho que vamos executar. É de fundamental importância que saibamos usá-las corretamente, utilizando a ferramenta certa para cada tipo de serviço.

O objetivo deste trabalho é orientá-lo sobre o manuseio, a disposição e a conservação das ferramentas utilizadas em instalações elétricas em geral. O importante é saber que um **bom técnico** é um elemento cuidadoso e organizado, conhece perfeitamente a aplicação, bem como o manuseio do ferramental, preocupa-se com as ferramentas, mantendo-as sempre em ordem e prontas para serem utilizadas.

Além disso, é importante que você saiba reconhecer se uma ferramenta é de boa qualidade e se está perfeitamente dimensionada para a execução do serviço no qual será utilizada.

Com as ferramentas adequadas ganha-se tempo, o trabalho é executado com o melhor padrão de qualidade e com menor esforço.

3.2. Disposição das Ferramentas

As ferramentas devem ser dispostas de tal forma que facilite a sua utilização e o acesso a elas. Numa oficina ou em casa, devem ser guardadas em lugar adequado, de preferência em painéis ou armários, de modo que cada ferramenta tenha seu local próprio, no qual conste o desenho de seu contorno (figura 3.1). Isso possibilita o controle e acessibilidade ao ferramental.

O técnico ou o profissional em instalações elétricas necessita constantemente se locomover a fim de executar o seu trabalho, por isso é necessário que as ferramentas sejam transportadas em uma caixa apropriada, devidamente organizadas (figura 3.2).

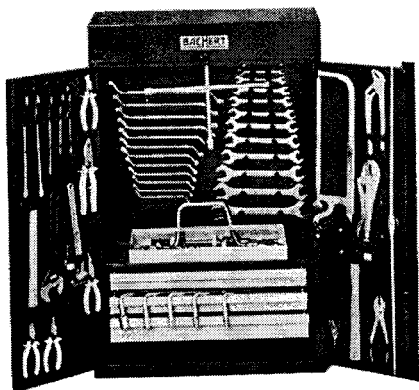


Figura 3.1 - Armário com as ferramentas corretamente organizadas.
Fonte: Bachert.

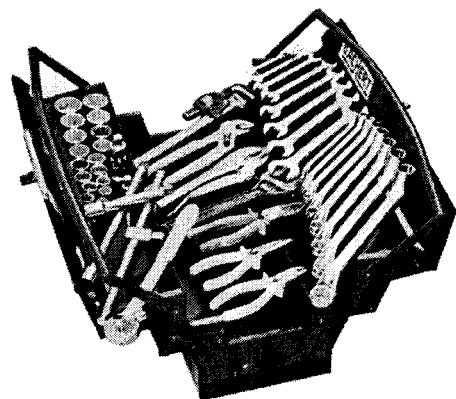


Figura 3.2 - Caixa de ferramentas.
Fonte: Bachert.

3.3. Conservação das Ferramentas

Para que o ferramental esteja sempre em boas condições, durante o manuseio é preciso observar os cuidados elementares e o uso correto da ferramenta. Procure sempre protegê-las de oxidação, pó, umidade, vibração, quedas, e lubrificá-las corretamente após o término de cada serviço.

3.4. Descrição Técnica

3.4.1. Alicate de Bico Redondo ou de Bico Cônico

Esse alicate é utilizado em fios rígidos. Devido ao seu bico cônico com ele é possível fazer olhais de vários diâmetros com rapidez e bom acabamento. Tanto na indústria como em trabalhos com instalações elétricas, a sua utilização é bastante restrita. O alicate de bico redondo ou de bico cônico pode ter cabos isolados ou oxidados.

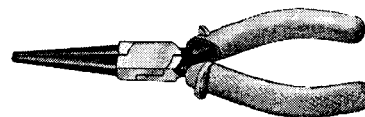


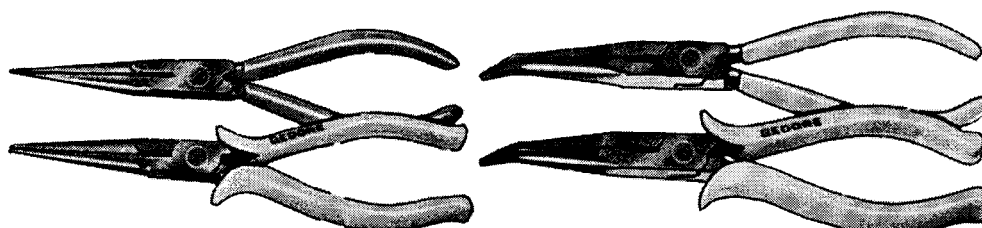
Figura 3.3 - Cortesia: Gedore.

3.4.2. Alicate de Bico Meia-Cana

Também é conhecido como alicate do tipo telefone. É utilizado para segurar e guiar peças a serem soldadas, aparafusadas, conectadas, para dobrar, torcer ou endireitar terminais, condutores, lingüetas, suportes, etc. Serve inclusive para pegar e segurar peças, como porcas até 5/32" (4 mm). Não se deve utilizá-lo para girar a peça em questão, pois pode danificar as suas bordas. Esse tipo de alicate pode ser provido de dispositivo para corte lateral de fios ou cabos de cobre de pequena seção, além de possuir cabos isolados ou oxidados. Ao segurar peças para serem soldadas com estanho, assim como semicondutores, as pontas do alicate servem como dissipador de calor.

Atenção: Quando utilizamos esses alicates em circuitos energizados, devemos tomar os devidos cuidados, pois suas pontas finas podem provocar curto-circuito.

O alicate de bico meia-cana pode ser apresentado em duas versões: de bico reto e de bico curvo.



A - Alicate de bico reto.

B - Alicate de bico curvo.

Figura 3.4 - Alicate de bico meia-cana. Cortesia: Gedore.

3.4.3. Alicate de Corte Diagonal ou de Corte Lateral

O alicate de corte é utilizado exclusivamente para cortes de condutores de metal brando e de pequenas peças plásticas ou de metal (terminais de componentes, tais como: resistores, capacitores, lingüetas, etc.). Com um pouco de prática você pode remover a capa plástica isolante de condutores. Para essa operação, proceda da seguinte forma:

- Comprima o corte do alicate contra a capa plástica, de modo a "mordê-la; e
- Puxe o alicate de modo a retirar a capa.

Atenção: Tomar o devido cuidado para evitar que o alicate corte também o condutor.

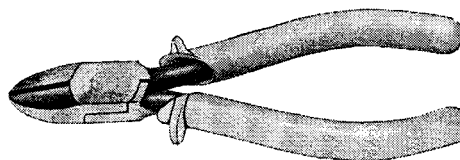


Figura 3.5 - Alicate de corte. Cortesia: Gedore.

3.4.4. Alicate Universal

Utilizado inclusive para pegar e segurar peças e cortar condutores de cobre. Para serviços em instalações elétricas, os cabos devem ser isolados. Para porcas ou cabeças de parafusos sextavados de bitola até 1/4" ou 6,5 mm, podemos utilizar o **alicate universal** para segurá-las em posição fixa, enquanto outra chave específica executa o oposto. O alicate universal não deve ser usado para movimento de giro, pois pode causar deformação da cabeça do parafuso ou da porca.

Atenção: Tomar os devidos cuidados ao pegar peças e fios em circuitos energizados.

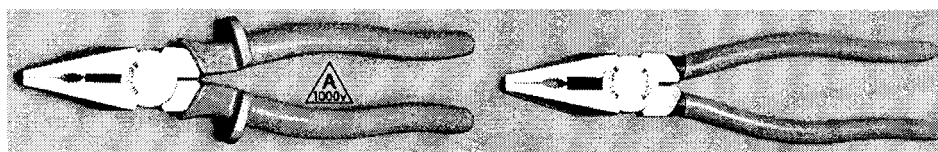


Figura 3.6 - Tipos de alicate universal. Cortesia: Gedore.

3.4.5. Alicate Descascador de Fios

Esse alicate tem a exclusiva finalidade de remover a isolamento de condutores. Devido às suas características, pode cortar e remover a capa isolante com rapidez e sem danificar o condutor. Os alicates descascadores de fios (A e B) dispensam qualquer tipo de regulagem, enquanto o modelo (C) possui um parafuso de regulagem de acordo com a seção do condutor.

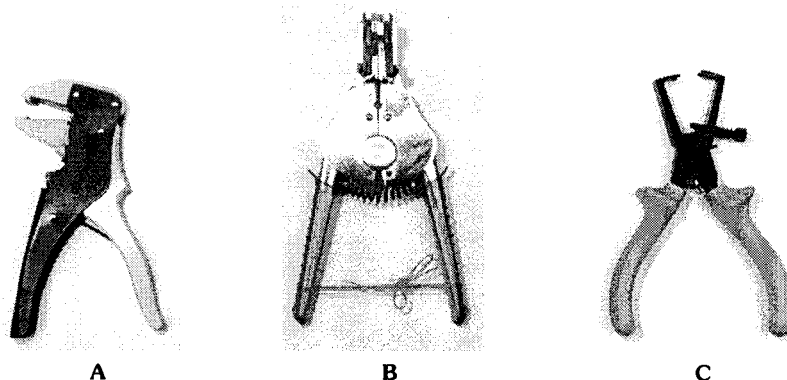


Figura 3.7 - Tipos de alicates descascadores de fios.

3.4.6. Alicate de Compressão

É uma ferramenta de fácil operação, utilizada para comprimir terminais pré-isolados e sem isolamento, luvas de emendas, conectores paralelos e rabinho de porco de seção 0,5 a 6,0 mm². Corta e descasca condutores de seção 0,5 a 6,0 mm² e ainda corta vários tamanhos de parafusos comuns. As gravações no corpo das ferramentas orientam o operador sobre o local onde devem ser colocados os terminais, os fios e os parafusos

para as várias operações, não permitindo que as ferramentas sejam utilizadas de maneira inadequada. Além do alicate de compressão manual (figura 3.8), existem outros modelos para trabalhos mais pesados, como, por exemplo, o **alicate manual com catraca** (figura 3.9) de alta precisão e durabilidade que comprime uma linha completa de terminais. A qualidade das compressões é controlada pela ferramenta e não pelo operador.

O **alicate de compressão pneumático** (figura 3.10) comprime uma linha completa de terminais de seção 0,5 a 95 mm²; pode ser usado manualmente ou montado em banca na posição horizontal ou vertical. O **alicate de compressão com matriz giratória** (figura 3.11) comprime terminais pré-isolados e sem isolamento nas seções 10 mm² a 35 mm². Possui duas matrizes giratórias, trocáveis, codificadas de acordo com as cores que determinam as bitolas dos condutores.

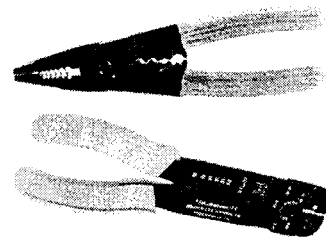


Figura 3.8

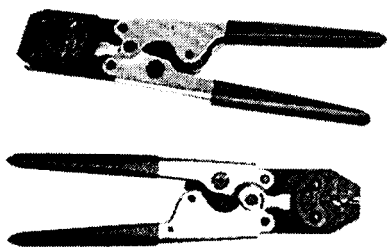


Figura 3.9

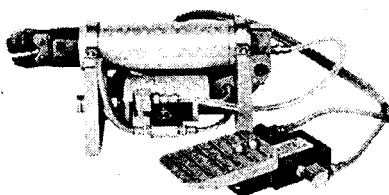


Figura 3.10

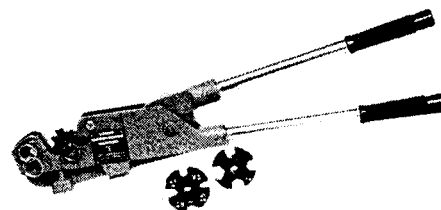


Figura 3.11

3.4.7. Chave de Fenda

É uma ferramenta utilizada para apertar e desapertar parafusos de fenda. É constituída por uma haste de aço com uma de suas extremidades forjada em forma de cunha e a outra fixada por um sistema de alta pressão em um cabo de material isolante e anatômico (figura 3.12). As medidas são dadas em relação à ponta da lâmina e ao comprimento da haste da chave.

As partes componentes de uma chave de fenda são designadas de acordo com a figura 3.13.

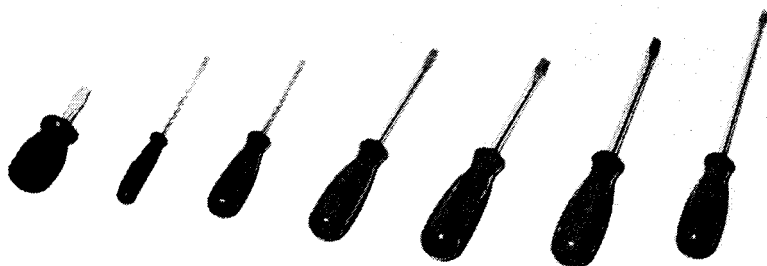


Figura 3.12 - Chaves de fenda de diversas medidas. Cortesia: Gedore.

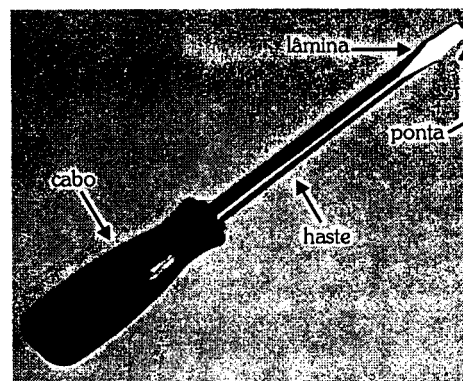


Figura 3.13 - Cortesia: Gedore.

3.4.7.1. Recomendações para um Bom Uso da Chave de Fenda

Só é possível fazer um trabalho perfeito com ferramentas de ótima qualidade.

Verifique as condições da chave de fenda que você vai usar, se não está deformada ou se apresenta algum outro defeito. A figura 3.14 mostra as condições ideais da ponta de uma chave de fenda.

NÃO UTILIZE chaves de fenda que apresentem algum tipo de defeito, com aspecto da figura 3.15, na qual se observa a ponta da lâmina cortante e arredondada. Caso as utilize nestas condições, além de dificultar ou até mesmo de impossibilitar o aperto ou desaperto, danificam o parafuso e podem causar acidentes.

Procure sempre usar uma chave de fenda de tal forma que a largura da ponta seja adequada ao parafuso. Quando são mais largas que os parafusos, podem danificar a peça que se deseja fixar, além de não permitir um bom aperto (figura 3.16). A ponta da chave de fenda deve encaixar-se perfeitamente na cabeça do parafuso (figura 3.17). Ela deve ser mantida em linha com relação ao eixo do parafuso durante o aperto ou desaperto (figura 3.18). Não use a chave de fenda inclinada em relação ao eixo do parafuso, pois pode escapar, danificando a fenda e provocando acidentes (figura 3.19).

Atenção: A chave de fenda não deve ser usada para abrir latas, como alavanca ou como talhadeira.

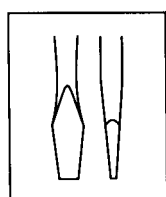


Figura 3.14

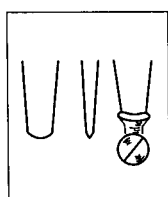


Figura 3.15

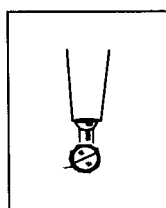


Figura 3.16

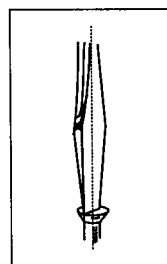


Figura 3.17

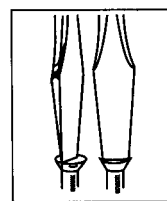


Figura 3.18

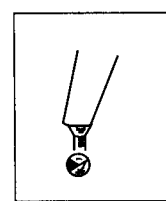


Figura 3.19

3.4.8. Arco de Serra ou Serra para Metais

É uma ferramenta utilizada para corte de peças de metal e tem o aspecto ilustrado na figura.

A lâmina de serra é fabricada com aço rápido, e um dos lados é dentado e com trava. A trava pode ser ondulada ou alternada, de maneira que permite efetuar o corte um pouco mais largo do que a espessura da lâmina, evitando que ela encalhe na peça que está sendo cortada (figura 3.20).

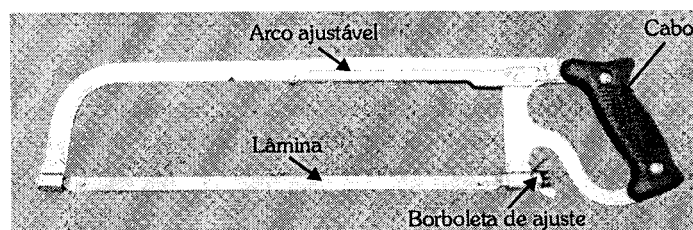
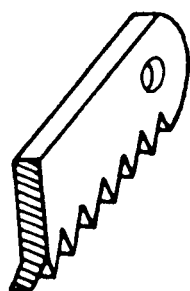


Figura 3.20 - Componentes do arco de serra. Cortesia: Gedore.



Lâmina de serra em corte



Trava ondulada



Trava alternada

Figura 3.21 - Tipos de trava e lâmina de serra em corte.

As lâminas para serra são encontradas no comércio com comprimentos de 200, 250 e 300 mm ou 8, 10 e 12 polegadas.

Algumas precauções devem ser tomadas no manuseio do arco de serra, tais como:

- a) A colocação da lâmina de serra no arco deve ser de tal forma que os dentes apontem para a frente com relação ao operador.
- b) Não se deve dobrar ou virar a serra no sentido longitudinal, devendo manter a posição original do corte.
- c) Ao ser fixada no arco, a serra deve sofrer uma tensão mecânica adequada, porém essa tensão somente se conhece pela prática e isso se adquire com o tempo. A pouca ou excessiva tensão pode danificar a serra.
- d) O início do corte deve ser feito com o movimento inicial para trás com relação ao operador.
- e) O "passo" das serras é diferente para cada tipo de material a ser cortado e a forma da peça que se pretende cortar, como, por exemplo:
 - Metais não ferrosos e ferro doce (material mole) de grandes dimensões, acima de 1": **serra de 14 dentes** por polegada.
 - Aço ferramenta, tubos de ferro, aço de pequena seção, serviços gerais: **serra de 18 dentes** por polegada.
 - Esquadrias metálicas, aço alto carbono, chapas metálicas de espessura média, tubos, conduítes rígidos e flexíveis, latão, alumínio e cobre: **serra de 24 dentes** por polegada.
 - Chapas finas, tubo de parede fina: **serra de 32 dentes** por polegada.

3.4.9. Brocas

São ferramentas utilizadas para abrir furos circulares em peças maciças, quer sejam de metal ou material sintético sólido. O formato de sua construção é de duas hélices inclinadas entre 15° e 45°, porém a mais utilizada é a de 30°.

Na figura 3.22, vemos a nomenclatura das diversas partes de uma broca. São identificadas em função do diâmetro e do material que se vai furar. Existem dois tipos de haste para fixação em mandris. A **haste cilíndrica** (figura 3.23) serve para fixação em mandril de pressão e a **haste cônica** (figura 3.23) é utilizada em mandril de encaixe.

Material a ser furado	Ângulo em Graus	
	Gume	Alma
Ferro fundido	118	15
Aço doce	118	12
Aço forjado	125	12
Mat. duro - de aço ao manganês	150	10
Bronze e latão	118	12
Ebonite, baquelite, fibras e madeiras	60	12
Cobre e alumínio	100	12

Existem brocas para as mais diversas finalidades, as quais são determinadas em função do gume da broca, cujo ângulo do vértice varia de acordo com o material a ser furado. A alma da broca tem também um ângulo lateral que acompanha as variações dos gumes, mas não proporcionalmente.

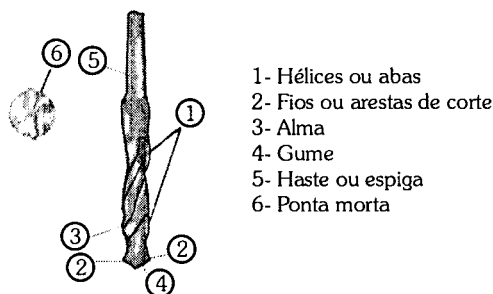


Figura 3.22 - Características das brocas.

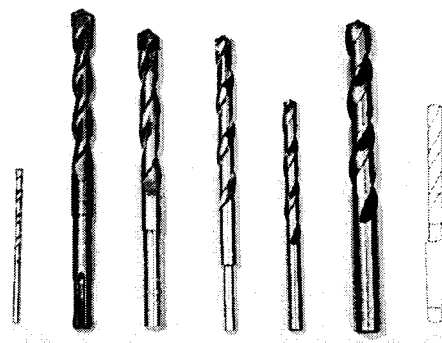


Figura 3.23 - Tipos de broca.

A especificação das brocas é feita em milímetros ou polegadas, tipo de haste, se é cilíndrica ou cônica ou de encaixe, e que tipo de material vai furar, como, por exemplo, madeira, ferro, concreto, vidro, etc. As brocas para furar concreto, vidro e outros materiais especiais têm os gumes feitos de pastilhas de metal duro ("wídia").

"A perfeita afiação das brocas é feita em esmeril com dispositivo especial para controlar o ângulo. O perfeito corte mostra um cavaco em forma de espiral. As velocidades de furação variam para cada diâmetro e tipo de material."

3.4.10. Furadeira e Parafusadeira Elétricas Portáteis

A furadeira e a parafusadeira são máquinas-ferramenta. A furadeira é utilizada para abrir furos cilíndricos em materiais sólidos e utiliza brocas, vistas no item anterior, e a parafusadeira é utilizada para apertar ou afrouxar parafusos. O acionamento pode ser em 115V, 127V ou 220V, alimentadas diretamente da rede de energia elétrica ou a bateria, para trabalho em locais onde não se dispõe da energia elétrica da rede. Existe também a furadeira/parafusadeira, ou seja, é uma máquina-ferramenta que pode exercer as duas funções, a de furar e parafusar, que pode ser com fio ou à bateria.

É preciso tomar certos cuidados no manuseio das furadeiras e parafusadeiras, que são:

- Não rebaixar a haste da broca para aumentar a capacidade.
- Mantê-las sempre limpas.
- Certificar-se de que a tensão da fonte é a correta para uso da máquina.
- Ter cuidado na colocação e aperto da broca no mandril.
- Evitar quedas, batidas, umidade, etc.

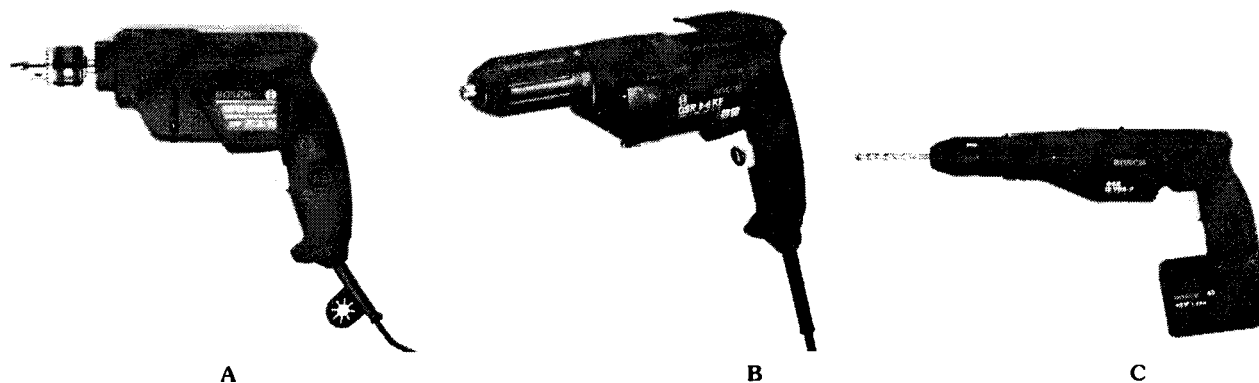


Figura 3.24 - A - Furadeira; B - Parafusadeira; C - Furadeira/Parafusadeira a bateria. Cortesia: Bosch.

3.4.11. Canivete - Estilete

São ferramentas que têm uma importância muito grande na execução de atividades na área eletroeletrônica, serviços de manutenção e instalações elétricas em geral, na falta do alicate descascador, quando se deseja remover a capa isolante de condutores, ou quando é necessário efetuar raspagem de suportes, terminais, condutores, etc., para remover crostas ou óxidos que recobrem esses materiais. Servem também para cortar materiais isolantes de pequena espessura (figura 3.25).

Atenção: Ao utilizar essas ferramentas, tome o máximo cuidado para não se ferir. O cuidado deve ser redobrado no uso do estilete.

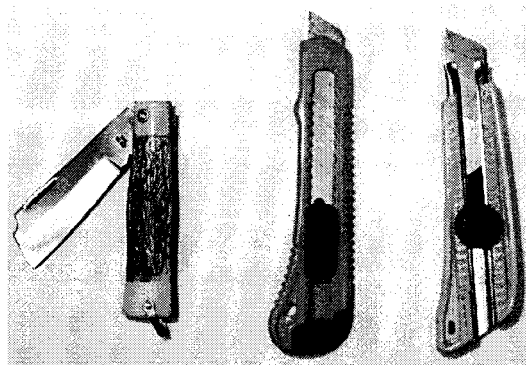


Figura 3.25 - Canivete e estilete.

Recomendações para o Bom Uso do Canivete

- Manter a lâmina do canivete sempre bem afiada.
- Ao efetuar o corte, não devemos puxar o canivete no sentido da mão que segura a peça ou o condutor.
- Não usar o canivete para cortar materiais duros.
- Após o uso, deve-se mantê-lo fechado e protegê-lo da umidade ou temperaturas elevadas.
- Nos trabalhos de oficina, deve-se evitar o uso de canivetes com ponta.

3.4.12. Talhadeira

É uma ferramenta utilizada para corte de peças de metal (figura 3.26) ou até mesmo concreto e alvenaria, cujo corte é feito por impacto, utilizando a força de percussão do martelo ou marreta. O formato da haste da talhadeira pode ser cilíndrico, retangular, sextavado, etc., e uma das extremidades é chanfrada (forma de bisel) e afiada para efetuar o corte de materiais. A talhadeira utilizada em instalações elétricas, para montagem de redes de eletrodutos embutidos e caixas de passagem, tem o formato da haste mais longa e a ponta chanfrada mais larga (figura 3.27) do que a utilizada para corte de peças de metal. A talhadeira para alvenaria pode ser feita em aço especial ou aço de construção. A especificação é feita de acordo com a finalidade a que se destina; se for para corte de peças de metal, é dada pelo seu comprimento total e pela largura do corte, em milímetro ou polegadas é indicada para alvenaria.

A talhadeira pode ser chamada, conforme o formato do corte, de buril, cinzel, bits, bedame, etc. A do tipo bedame (figura 3.28) é utilizada para cortes estreitos, normalmente em materiais mais resistentes.

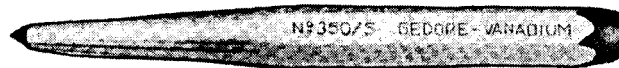


Figura 3.26 - Talhadeira para metal. Cortesia: Gedore.



Figura 3.27 - Talhadeira para alvenaria.

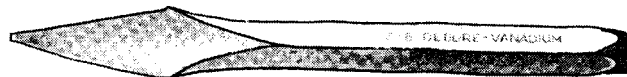


Figura 3.28 - Talhadeira do tipo bedame para metal. Cortesia: Gedore.

Atenção: Procure esmerilhar o topo da talhadeira que recebe o impacto do martelo quando há formação e rebarbas, para evitar ferimentos.

3.4.13. Ponteiro

Bastante utilizado pelos eletricitistas e encanadores para efetuar furos ou quebrar pisos de cimento ou concreto, e paredes de alvenaria, iniciando ou complementando os trabalhos com a talhadeira. O ponteiro é semelhante à talhadeira, porém com a extremidade em forma de ponta.



Figura 3.29 - Ponteiro para alvenaria.

3.4.14. Limas

São ferramentas de aço carbono, de uso manual na operação de limar, ou seja, retirar rebarbas, afinar peças de metal, aparelhar as extremidades de peças serradas, etc., para dar o acabamento desejado. Para uma perfeita utilização e conservação das limas, proceda da seguinte forma:

- As limas devem ser providas de cabos.
- Mantê-las sempre limpas, isto é, com o picado (dentes) em bom estado de corte.
- Para a limpeza das limas, usa-se uma escova de fios de aço, ou uma vareta de metal macio (cobre, latão) de ponta achatada.

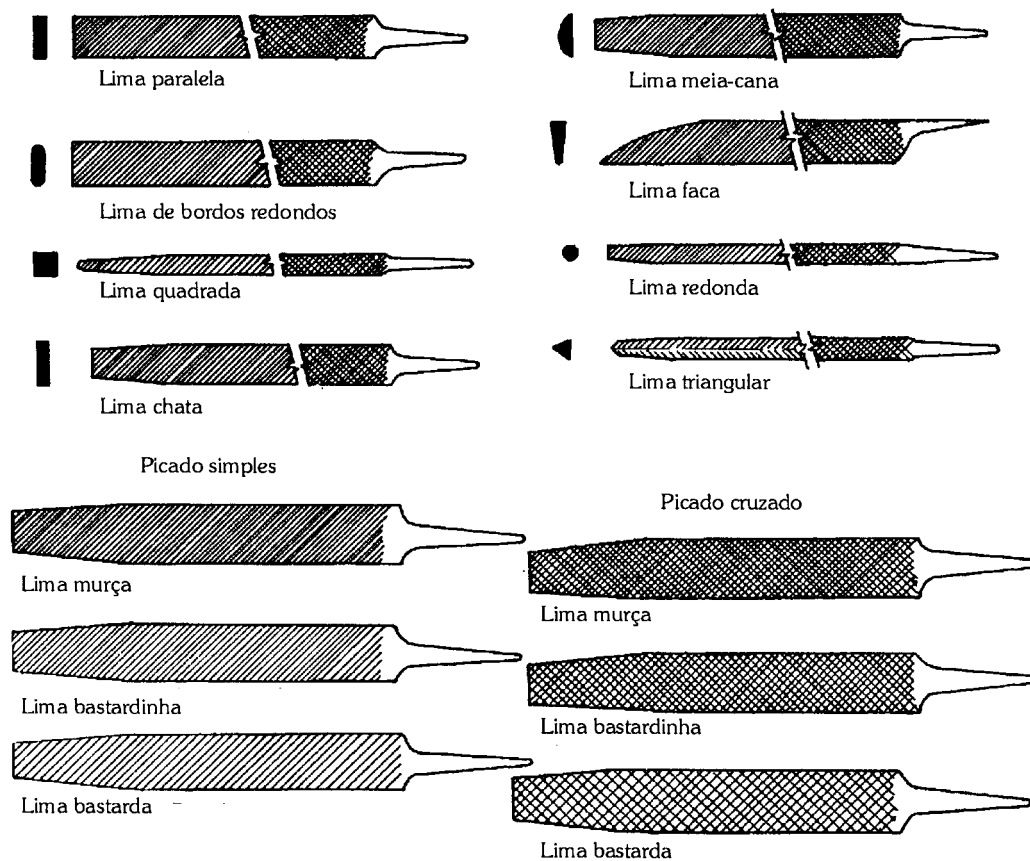


Figura 3.30

Classificação das Limas

Quanto à Forma

- Planas: Chatas - superfícies planas;
Paralelas - superfícies planas internas, em ângulo reto, rasgos internos e externos.
- Quadradas: superfícies côncavas.
- Meia-Cana: superfícies côncavas.
- Triangulares: superfícies em ângulo agudo maior que 60°.
- Facas: superfícies em ângulo agudo menor que 60°.
- Redondas

Quanto ao Picado

- Inclinação: Simples - materiais metálicos não ferrosos (alumínio, chumbo, etc.);
Duplo (cruzado) - materiais metálicos ferrosos.

Número de Dentes por Centímetro

- Bastardas: desbastes grossos
- Bastardinhas: desbastes médios
- Murças: acabamentos
- Grosas: desbastes grossos para madeira

Tamanho em Milímetros

- 100, 150, 200, 250 e 300, varia em função da superfície a ser limada.

Exemplo de Especificação

- Lima quadrada de 200 mm, com picado duplo (cruzado) do tipo bastarda.
- Lima triangular de 100 mm, com picado simples do tipo murça.

3.4.15. Esmeril

É uma máquina-ferramenta utilizada para afiar ferramentas (como, por exemplo, canivetes, facas, talhadeiras, ponteiros, etc.), reduzir as dimensões de peças e outras finalidades similares. Em muitos casos, o **esmeril** pode substituir a lima, fazendo os trabalhos com rapidez e perfeição.

Atenção: Usar óculos especiais ao efetuar trabalhos com o esmeril, a fim de evitar que as faíscas provenientes do atrito entre a peça e o rebolo venham atingir os olhos. Deve-se tomar o máximo cuidado para não prender a peça entre o rebolo e o encosto do esmeril.

O esmeril pode ser com dois rebolos com grânulos diferentes, ou com um rebolo e um disco com fios de aço.

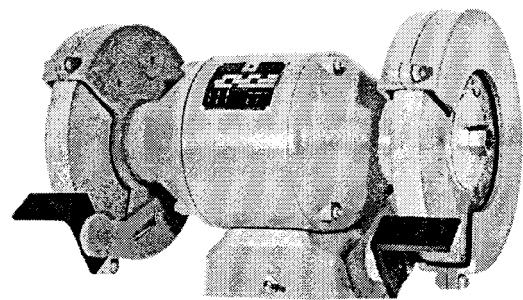


Figura 3.31 - Esmeril com dois rebolos de grânulos diferentes.

3.4.16. Maçarico a Gás

O maçarico a gás GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), devido à sua versatilidade, simplicidade e seu suporte múltiplo, adapta-se a qualquer um dos queimadores, de acordo com a finalidade pretendida. É possível obter desde a chama extremamente fina e alongada, necessária aos trabalhos de precisão, até a chama extremamente potente. É muito utilizado em instalações elétricas para curvar eletrodutos de PVC, soldagens de emendas de condutores e terminais, etc.

A seguir, são apresentados os acessórios com suas respectivas aplicações:

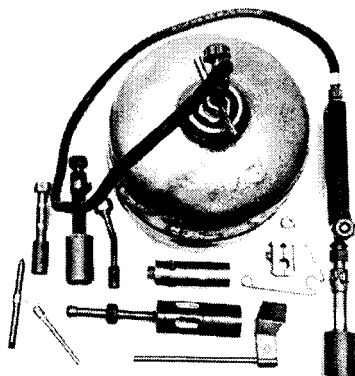


Figura 3.32

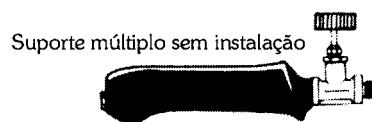


Figura 3.33

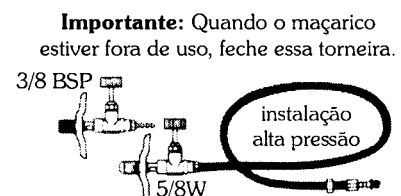


Figura 3.34 - Fonte de referência: Maçarico JACKWAL.



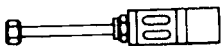

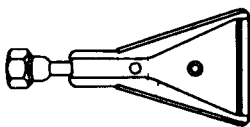
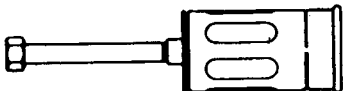
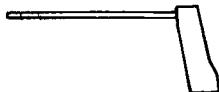
Características dos queimadores e ponteiros	Aplicações	Furação do injetor (mm)
<p>Chama fina e alongada</p>  <p>comprimento: 120 mm - diâmetro: 12 mm</p>	Ourives e próteses	0,15
<p>Chama média (curta)</p>  <p>comprimento: 107 mm - diâmetro: 19 mm</p>	Soldas estanho. Pequenas peças de latão. Funilaria	0,25
<p>Chama média (longa)</p>  <p>comprimento: 160 mm - diâmetro: 28 mm</p>	Acabamento no conserto de cabos telefônicos.	0,45
<p>Chama forte</p>  <p>comprimento: 178 mm - diâmetro: 28 mm</p>	Grandes trabalhos de solda. Indústria naval e refrigeração.	0,75
<p>Chama em leque</p>  <p>comprimento: 126 mm - diâmetro: 63 mm</p>	Remoção de pinturas. Conformação de tubos de PVC. Decapagem de metais. Decoração em madeira.	0,25
<p>Chama máxima</p>  <p>comprimento: 230 mm - diâmetro: 58 mm</p>	Trabalhos com asfalto, massas para cabos, metal branco. Funde 20 kg de chumbo em 9 minutos.	1,20
<p>Ponteira de cobre 140 g (ferro de solda) para queimador chama média (curta)</p>  <p>comprimento: 225 mm - altura: 69 mm</p>	Operadores de solda branca (estanho). Usar com o prendedor do ferro de solda.	-

Figura 3.35 - Fonte de referência: Maçarico Jackwal.

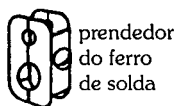


Figura 3.36



Figura 3.37

Atenção: Todo cuidado deve ser tomado ao usar o maçarico a gás, pois se houver vazamentos, pode provocar acidentes tanto pessoais como materiais. Deve-se ter cuidado com o local onde se usa.

3.4.17. Soprador Térmico

Ele possui dois estágios de temperatura à escolha, entre 300°C ou 500°C, dependendo da aplicação. Pode ser usado nas mais variadas aplicações, como, por exemplo: remoção de tintas; secagem de tintas e massas; isolamento com isolantes termocontráteis (figura 3.39); solda com estanho; remoção da solda de estanho; descongela; curva, molda, solda peças de PVC (figura 3.40); pré-aquece; aquecimento de parafusos, facilitando a sua remoção; liquidifica piche; seca, remove colas; etc.

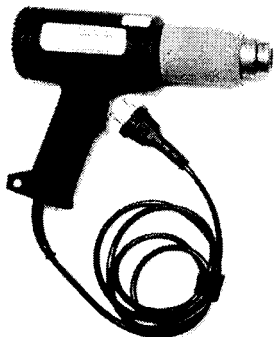


Figura 3.38 - Soprador térmico.
Cortesia: Comala/Steinel.

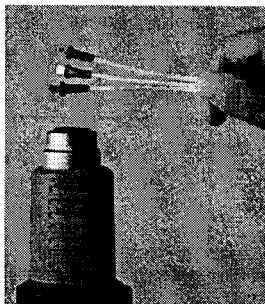


Figura 3.39 - Aplicação de termocontrátil.
Cortesia: Comala/Steinel.



Figura 3.40 - Curvar tubos de PVC.
Cortesia: Comala/Steinel.

O soprador térmico, em muitos casos, pode substituir com vantagem o maçarico a gás, devido à segurança na sua operação. No entanto, depende de uma tomada de energia para o seu funcionamento, o que limite a sua utilização em determinados locais.

3.4.18. Ferro de Soldar ou Soldador Elétrico

É uma ferramenta muito utilizada pelos técnicos da área eletroeletrônica, sem a qual pouco (ou nada...) se consegue fazer com eficiência. O importante, nisso tudo, é saber usá-lo corretamente e executar soldagens perfeitas, cuja finalidade é garantir uma junção mecânica e um ótimo contato elétrico entre os elementos que estão sendo unidos.

Escolha do Ferro de Soldar

Um dos pontos importantes para se efetuar uma boa soldagem é a escolha correta do ferro de soldar (figura 3.42). De um modo geral, a escolha deve ser feita da seguinte forma:

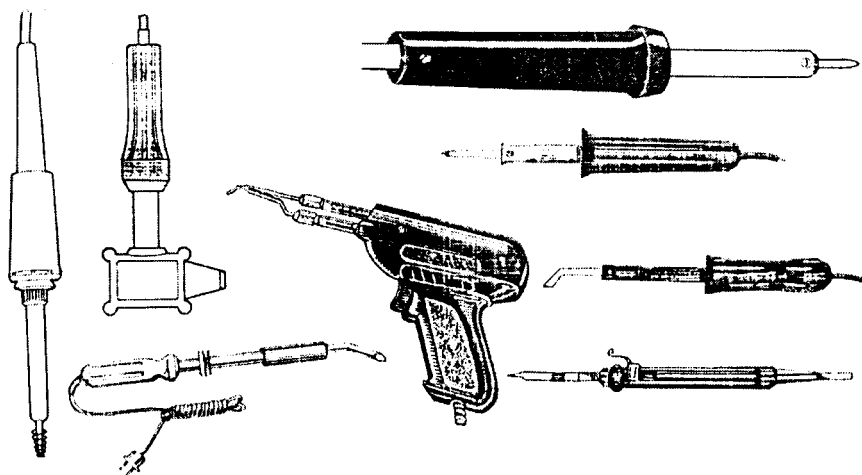


Figura 3.41 - Tipos de ferro de soldar.

- 1. Tensão de trabalho:** o funcionamento do ferro de soldar se baseia no efeito térmico da corrente que circula por sua resistência. Devido a esse fato, a sua resistência é dimensionada de acordo com o valor da tensão. Verifique atentamente se a tensão disponível (127V ou 220V) corresponde à tensão do ferro que você adquiriu antes de ligá-lo.
- 2. Potência:** além da tensão de trabalho, o ferro de soldar é classificado em função da potência em watts (W). E quanto maior for sua potência mais calor ele pode fornecer em menos tempo, e maiores suas dimensões físicas. Os ferros de soldar são fabricados com potências fixas ou com temperaturas variáveis. Os mais comuns são os de potência fixa, cujos valores são: 20, 30, 50, 60, 100, 200 e 400 W, os quais podem sofrer variações de acordo com o fabricante. Os de temperatura variável são usados na informática, telecomunicações e assistência técnica mais sofisticada.
- 3.** Quando se deseja efetuar soldagens de pequenas junções, nas quais são usados componentes (delicados) sensíveis ao calor, como, por exemplo: diodos, transistores, circuitos integrados, trabalhos em circuito impresso e régua de terminais, usa-se um ferro de soldar de 20 ou 30 W.
- 4.** Quando há necessidade de realizar conexões com grande número de componentes em um mesmo ponto, de condutores (fios e cabos) e terminais de pequena seção e outros pontos que ofereçam maior dissipação de calor, recomenda-se o uso de ferro de soldar com potências de 50, 60 ou 100 W.

Em instalações elétricas em geral, são usados ferros de soldar com potência superior a 100 W, como, por exemplo, na soldagem de condutores (fios e cabos) e terminais de grande seção, e inclusive outros processos de soldagem, os quais você terá a oportunidade de conhecer oportunamente.

3.4.19. Tarraxa

É uma ferramenta muito utilizada em instalações elétricas, cuja finalidade é fazer roscas em eletrodutos, quer sejam de PVC ou metálicos, para poderem ser unidos entre si, por meio de luvas, formando uma rede de eletrodutos, e também para conectá-los às caixas de passagem com bucha e contrabucha. As tarraxas podem ser exclusivamente para eletrodutos de PVC (figura 3.42), tarraxa simples de cossinete ajustável (figura 3.43) e a tarraxa universal.

Nota: A tarraxa universal e a tarraxa simples de cossinete ajustável podem ser usadas para fazer roscas em **eletrodutos metálicos e PVC rígidos**.

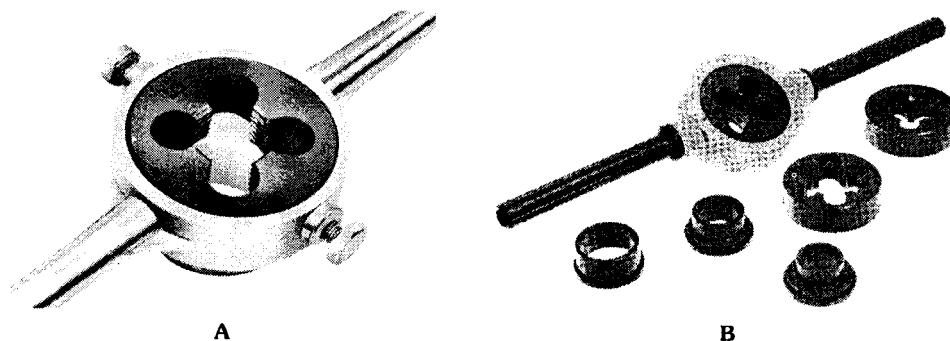


Figura 3.42 - Tarraxas para eletrodutos de PVC rígidos. A - Cortesia: Caracol; B - Cortesia: Tigre.

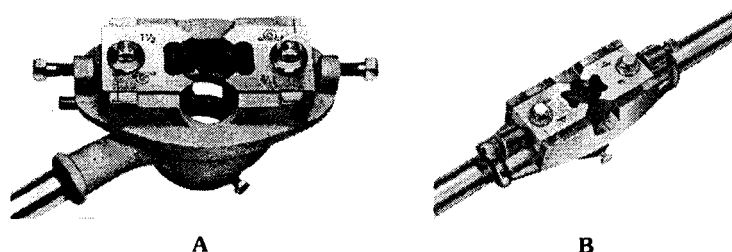


Figura 3.43 - Tarraxas simples de cossinete ajustável. A - Com catraca; B - Sem catraca (Cortesia: Caracol).

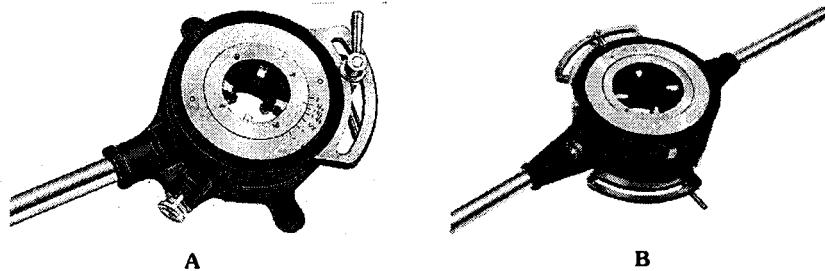
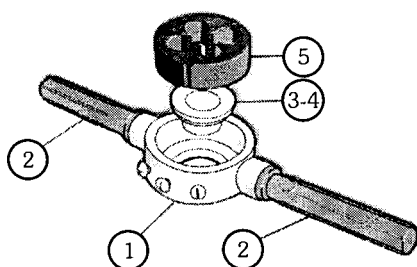


Figura 3.44 - Tarraxa universal. A - Para eletrodutos de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ ", 1", 1.1/4", 1.1/2", e 2"; B - Para eletrodutos 2.1/2", 3", 3.1/2" e 4". Cortesia: Caracol.

Basicamente as tarraxas são constituídas das seguintes peças:



1. Porta-cossinete de PVC rígido.
2. Pegadores ou cabos de PVC rígido.
3. Guias de PVC rígido branco (para tubos rosqueáveis).
4. Guias de PVC rígido preto (para tubos pesados).
5. Cossinetes de ferro.

Figura 3.45 - Componentes de tarraxa para tubos ou eletrodutos de PVC rígidos. Cortesia: Tigre.

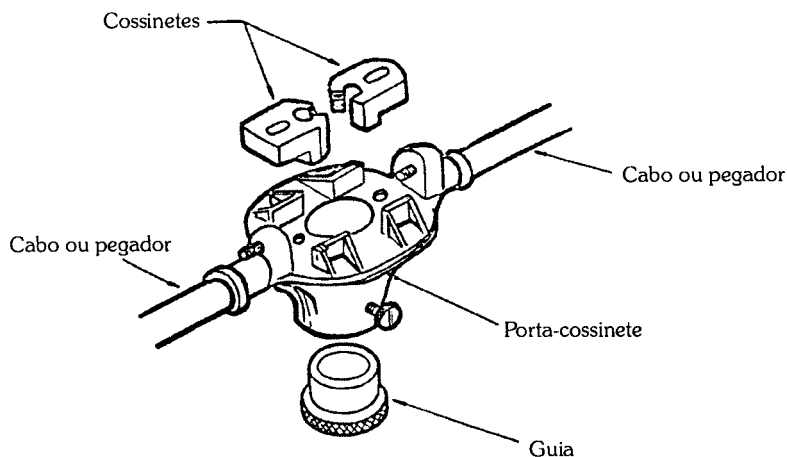


Figura 3.46 - Componentes da tarraxa simples de cossinete ajustável.

Nota: Com exceção da tarraxa simples e da **tarraxa universal**, os outros modelos de tarraxa utilizam um **jogo de cossinetes** para cada diâmetro de tubo ou eletroduto a ser roscado.

A tarraxa UNIVERSAL é assim chamada devido ao fato de permitir, com apenas um jogo de cossinetes, fazer roscas em todos os eletrodutos, cujos diâmetros estejam compreendidos entre $\frac{1}{2}$ " a 2" (figura 3.44A) e 2.1/2" a 4" (figura 3.44B).

"Em virtude do sistema mecânico dessa tarraxa, é necessário que cada cossinete tenha o seu lugar próprio (figura 3.47), não sendo possível trocá-los de posição. Para isso eles são numerados, bem como os seus respectivos alojamentos no corpo da tarraxa. Toda vez que você tiver necessidade de montar os cossinetes na tarraxa UNIVERSAL, verifique se o número gravado no cossinete corresponde ao gravado no corpo da tarraxa, ao lado do alojamento de cada cossinete."

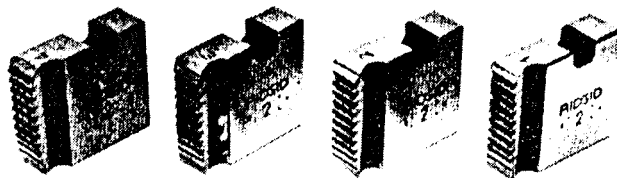


Figura 3.47 - Jogo de cossinetes para tarraxa universal. Cortesia: Ridgid.

Observações Importantes

1. Ao escolher os cossinetes, escolha também a bucha de guia correspondente, conforme a figura 3.48.
2. A escolha do guia não correspondente ao diâmetro do eletroduto pode encontrar a tarraxa, danificar a rosca e, conseqüentemente, o eletroduto, conforme a figura 3.49.
3. Gravado no cossinete existe um traço que, ao coincidir com o gravado no corpo da tarraxa, determina o limite de fechamento dos cossinetes, conforme a figura 3.50.

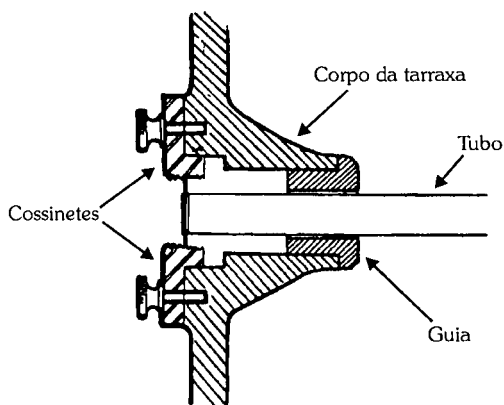


Figura 3.48

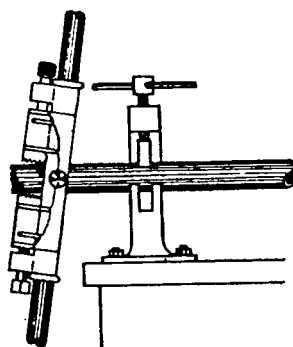


Figura 3.49

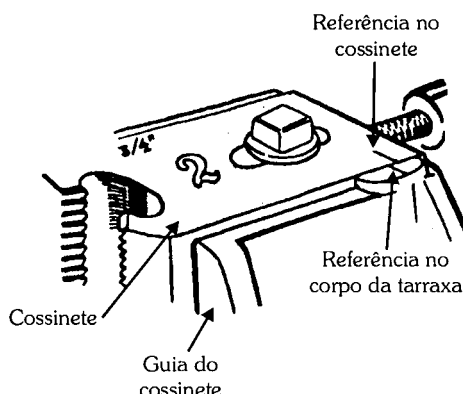


Figura 3.50

3.4.20. Torno Comum de Bancada

É uma ferramenta utilizada para segurar e fixar peças de vários formatos, principalmente as retangulares, quadradas, etc., para facilitar a execução de vários serviços, como, por exemplo, furar, dobrar, fazer desbastes com auxílio de limas, segurar peças para cortar e soldar, etc. Os tornos comuns de bancada são especificados em função do número que vem gravado em seu corpo que, dependendo do fabricante, varia de 2 a 8, e corresponde à abertura dos mordentes de 2 3/4" a 8". Podem ser também com base fixa ou giratória. Os mordentes, na eventualidade de serem danificados, podem ser substituídos.

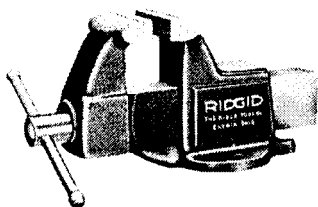


Figura 3.51 - Torno de bancada com base fixa. Cortesia: Ridgid.

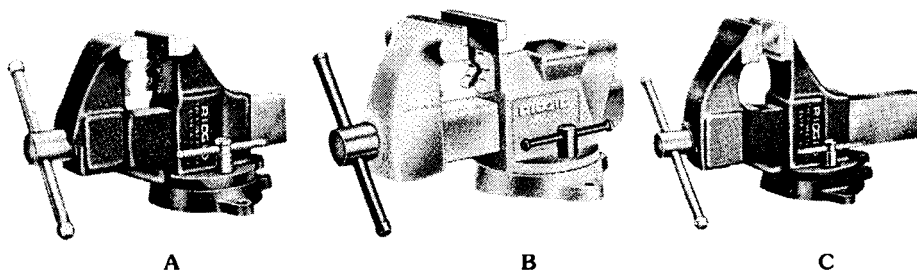


Figura 3.52 - Torno de bancada com base giratória:
A - Combinado ultrapesado com mordentes para tubos;
B - Combinado com mordentes para tubos e bigorna; C - Simples. Cortesia: Ridgid.

3.4.21. Torno de Encanador

É uma ferramenta utilizada para segurar peças com formato circular, como, por exemplo, eletrodutos, tubos, vergalhões, etc., facilitando a realização de diversos trabalhos nas referidas peças, tais como cortar, fazer roscas, desbastes. A especificação dessa ferramenta é feita em função do modelo, ou seja, se é para ser fixada em bancada ou portátil, a qual pode ser ajustável em postes, pranchas ou bancadas de até 90 mm, e também pelo número que vem gravado no seu corpo, ou seja:

- **Modelo Fixo:** números 1, 2, 3, 4 e 6; para tubos até 1", 2", 3", 4" e 6".
- **Modelo Portátil:** números 1, 2 e 3; para tubos até 1", 2" e 3".

Basicamente, o torno de encanador possui os seguintes componentes:

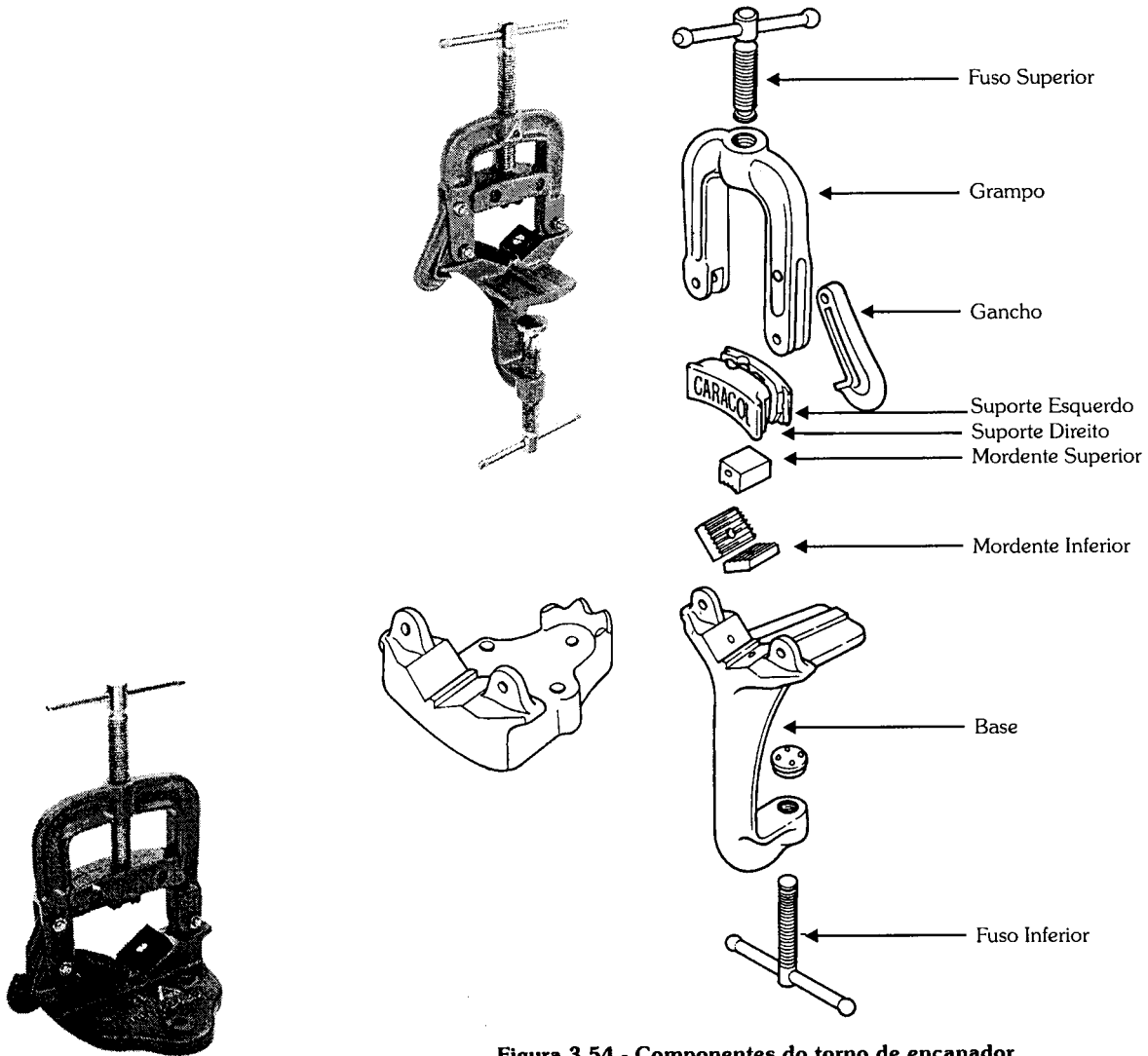


Figura 3.53 - Cortesia: Caracol.

Figura 3.54 - Componentes do torno de encanador.
Cortesia: Caracol.

3.4.22. Lixa

Não é propriamente uma ferramenta, mas um material abrasivo, muito utilizado em serviços gerais de desbastes ou polimento de peças e para dar acabamento. A lixa é constituída basicamente de uma folha de papel ou tecido sobre o qual é colada uma camada de grãos de material abrasivo, como areia e o carborundum.

Sua especificação é feita em função de numeração crescente, de acordo com a granulometria e com a aspereza, ou seja, quanto maior o número menor é a aspereza da lixa, isto é, mais fina. Elas podem ser especificamente para madeiras e para metais, e ainda podem ser encontradas em rolos ou em folhas.

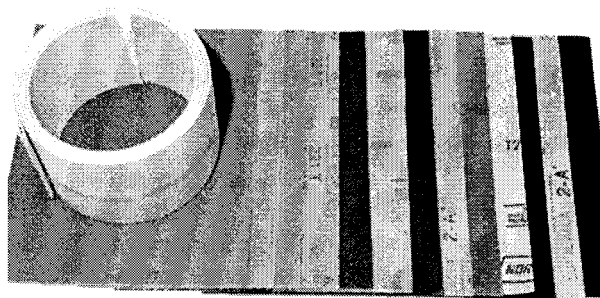


Figura 3.55 - Lixas para madeira e para metais.

3.4.23. Escada

Em muitos trabalhos com instalações elétricas, o electricista tem necessidade de subir em certos locais para executar determinadas tarefas, como, por exemplo, subir num poste para montagem de entrada de serviço ou entrada de energia, no teto, instalação de luminárias ou substituir lâmpadas queimadas, numa marquise ou telhado, etc.

A escada é um equipamento auxiliar muito importante nos trabalhos do electricista, sem a qual os trabalhos citados não podem ser executados. E para cada serviço há necessidade da escolha adequada.

Escada de Abrir

É indicada para serviços de enfição dos condutores em caixas no teto, instalação de luminárias, substituir lâmpadas queimadas ou em locais onde não existe ponto de apoio para escada de extensão.

Escada de Extensão

É apropriada para trabalhos em postes ou em locais elevados como telhados, marquises e muitas vezes já vem provida de corda, roldana e catraca (engate automático).

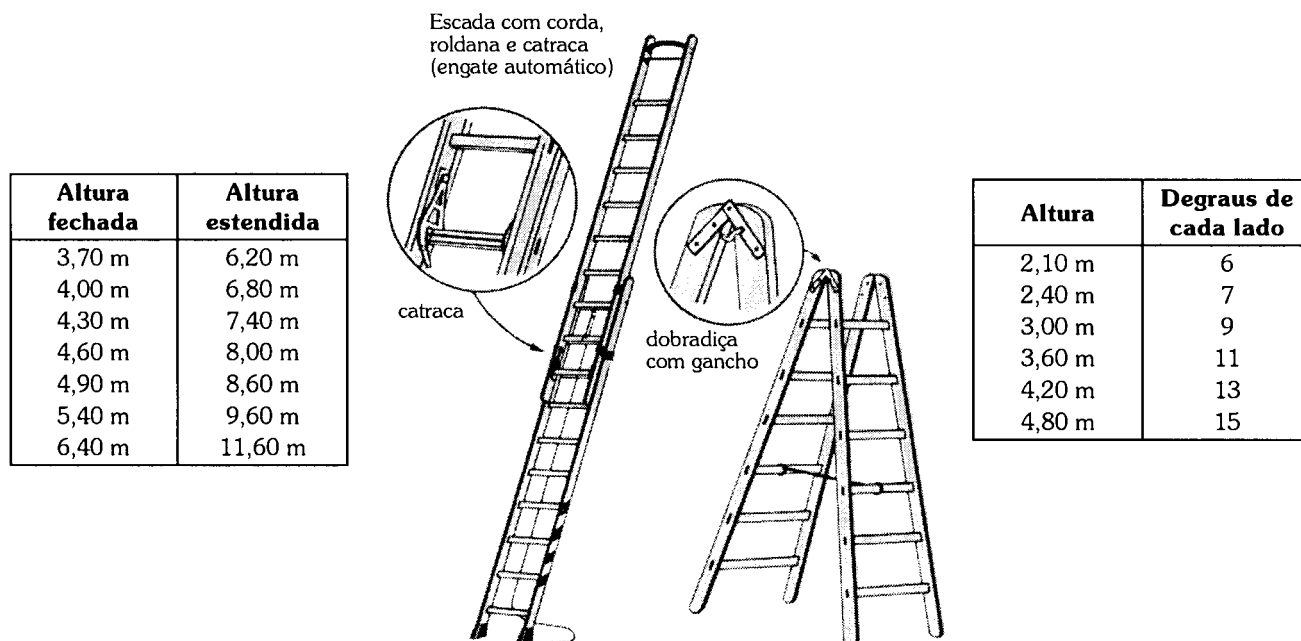


Figura 3.56 - Escada de abrir e de extensão.
Cortesia: Forplas.

3.4.24. Metro Articulado e Trena

O metro articulado também é muito utilizado pelo electricista em seus serviços, seja para determinar a altura ou o posicionamento das caixas (interruptores, tomadas, QD's, etc.), dos eletrodutos e de outras partes da instalação. Geralmente o mais utilizado é o de dois metros.

A trena faz o mesmo serviço, porém em muitos casos com maior eficiência, pois ela pode ser encontrada em vários tamanhos de 2, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 30, 50 e 100 metros. É prática e versátil. À medida que você puxa, a fita da trena pode ser travada no comprimento ou medida desejada e recolhida através da mola para os modelos até oito metros, e recolhidas através de manivela para os modelos maiores, as quais não contêm trava.

O electricista necessita constantemente marcar, com auxílio do metro ou trena, a posição com as distâncias reais das diversas partes, à medida que vai executando a instalação, conforme determina o projeto da obra. Os projetos normalmente são elaborados em escala 1:50 e 1:100. Para estes casos, considerar:

Escala 1:50 - 1 cm no desenho equivale a 0,5 m na obra.

Escala 1:100 - 1 cm no desenho equivale a 1,0 m na obra.

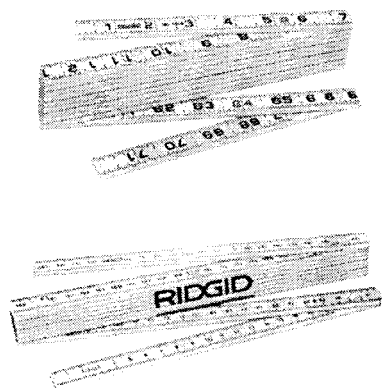


Figura 3.57 - Metro articulado. Cortesia: Ridgid.

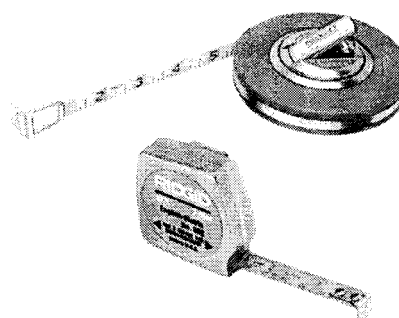


Figura 3.58 - Trenas. Cortesia: Ridgid.

3.4.25. Fitas e Cabos de Aço para Enfição

Para efetuar a passagem dos condutores na rede de eletrodutos, o electricista usa meios que o auxiliem nessa tarefa. As fitas e cabos de aço servem de guia para puxar os condutores, enfiando-os nos eletrodutos entre duas caixas. Tanto as fitas como os cabos de aço são fabricados com materiais extremamente resistentes, destinados especialmente a suportar grandes esforços de tração.

É comum, na falta da fita ou do cabo de aço, utilizar fio ou arame galvanizado nº 16 ou mesmo mais grossos, preferencialmente de aço, para a mesma finalidade.

Em redes de eletrodutos em que as fitas, cabos de aço ou até mesmo arames não passam com facilidade, como, por exemplo, quando são utilizados eletrodutos flexíveis corrugados, quando existem muitas curvas no trecho, etc., a solução ideal é o uso do **guia de nylon**, feito de material flexível, porém apresenta certa rigidez em uma das extremidades. Ele possui uma esfera presa a uma haste de aço extremamente flexível, de tal modo que, ao encontrar qualquer obstáculo, a esfera resvala seguindo o seu caminho, e em outra extremidade possui um olhal, que serve para puxar outro guia, que pode ser arame, fita de aço ou cabo de aço.

A especificação é feita em função do tipo, como fita de aço, cabo de aço ou guia de nylon, e também do comprimento, que pode ser de 10 m, 15 m ou 20 m.

Atenção: O guia de nylon não deve ser utilizado para puxar condutores. Serve como guia do guia, ou seja, serve para puxar outro guia (fita, cabo de aço ou arame), que será usado para enfição. Ao usar a fita ou cabo de aço, deve-se cuidar para não dobrar ou amassar no momento da enfição.

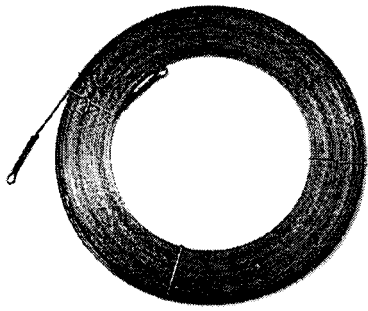


Figura 3.59 - Fita de aço.

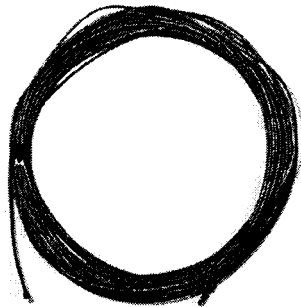


Figura 3.60 - Cabo de aço.

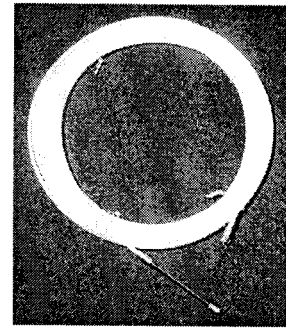


Figura 3.61 - Guia de nylon.

3.4.26. Ferramentas de Curvar Eletrodutos Metálicos Rígidos

Em quase toda rede de eletrodutos, há necessidade de adaptá-los a fim de contornar vigas, pilares, interligando eletrodutos do teto ou piso com a caixa na parede, etc. Eletrodutos metálicos rígidos de $\frac{1}{2}$ " a $1\frac{1}{4}$ " podem ser curvados na própria obra sem maiores dificuldades, principalmente se for usada a ferramenta adequada. Essa ferramenta pode ser apropriada para essa finalidade (figura 3.62), a qual permite obter uma curvatura perfeita, sem dobras ou amassamentos do eletroduto, ou improvisada usando os materiais existentes na obra, ou seja, cerca de um metro de tubo de ferro galvanizado reforçado e um "tê" de diâmetros adequados ao eletroduto que se deseja curvar (figura 3.63). **Com ferramentas improvisadas se torna difícil obter um trabalho de qualidade.**

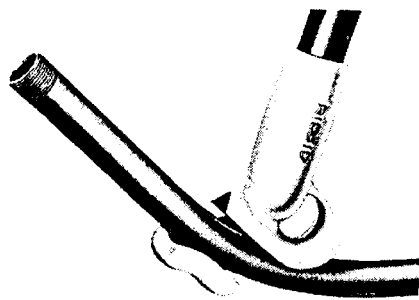


Figura 3.62 - Ferramenta especial para curvar tubos ou eletrodutos metálicos rígidos.
Cortesia: Ridgid.

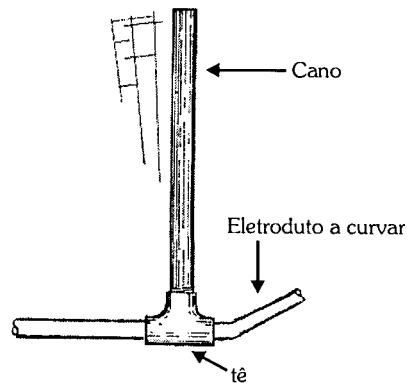


Figura 3.63 - Ferramenta para curvar eletrodutos metálicos rígidos, constituída de um "tê" e um cabo de cano de ferro galvanizado.

A figura 3.64 mostra um tipo de máquina-ferramenta para curvar tubos ou eletrodutos em série, com precisão e rapidez, usando moldes especiais para cada diâmetro.

Existem máquinas-ferramenta para curvar tubos ou eletrodutos de diâmetros de $\frac{1}{2}$ " até 3". Possuem capacidade de até 20 toneladas e podem ser utilizadas para diversas finalidades (figura 3.65).

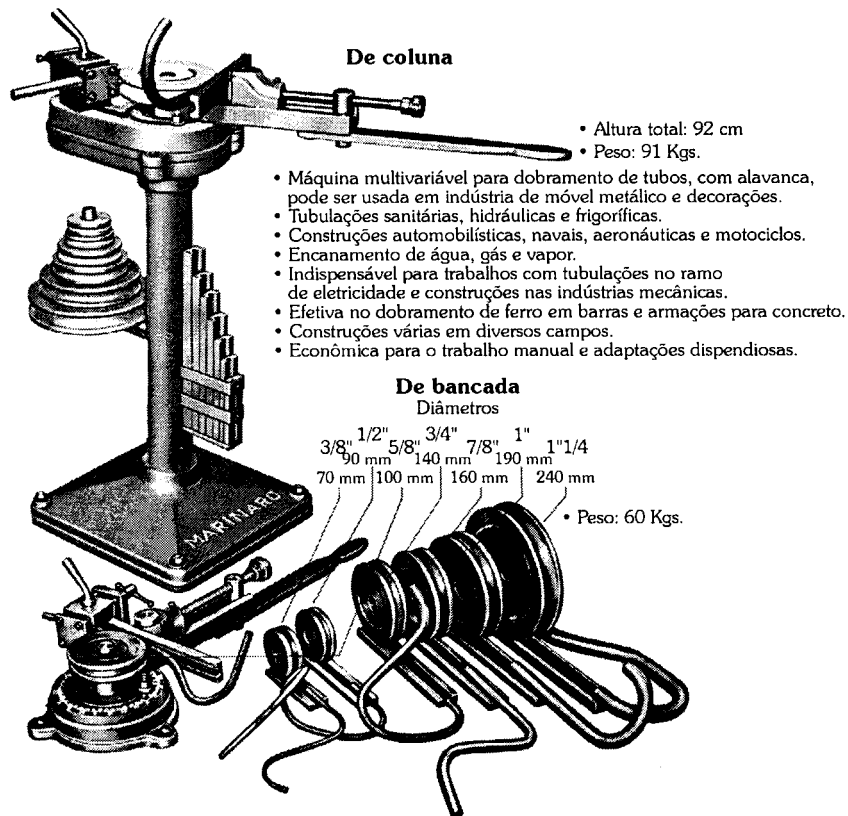


Figura 3.64 - Máquina para curvar tubos de 3/8" até 1.1/4". Cortesia: Marinaro.

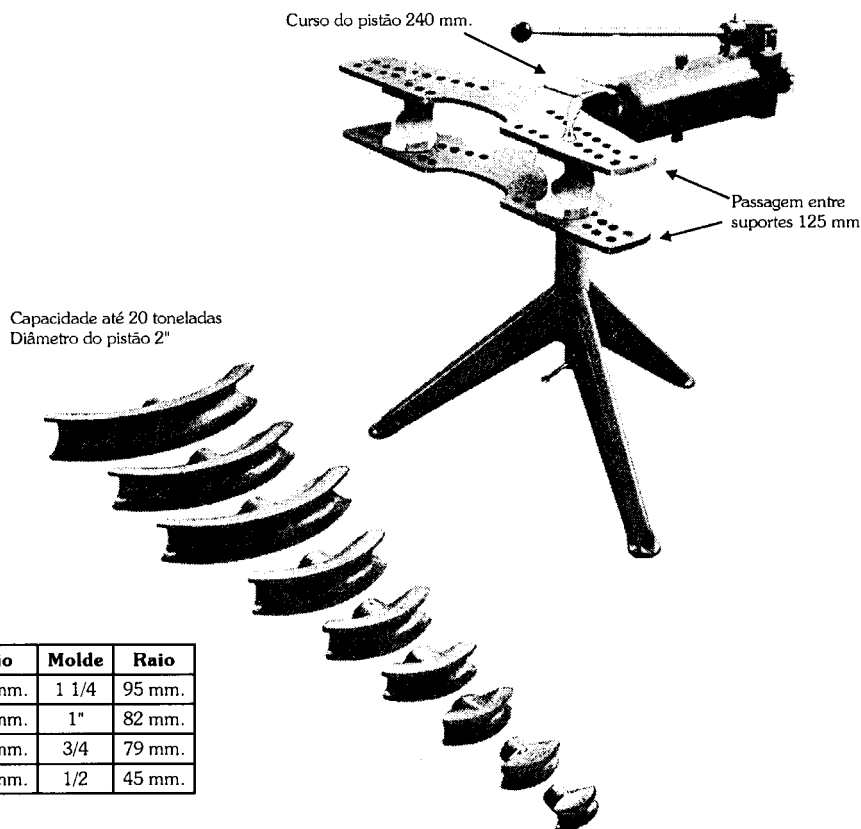


Figura 3.65 - Máquina-ferramenta hidráulica para curvar tubos ou eletrodutos de 1/2" até 3". Cortesia: Marinaro.

3.4.2

Também quando circuito. série a u

Quando ponto q fenda te Como o

Atençã
realmen

3.4.1

É uma cortes pedra propor 50 mm para 1 repetit menor As car alajar

Aten

3.4.27. Teste de Corrente Elétrica

Também é conhecido como lâmpada teste **néon**, chave de fenda teste ou busca-pólos. É excelente auxiliar quando é necessário lidar com circuitos energizados em baixa tensão ou identificar a fase ou fases em um circuito. É constituído basicamente de uma lâmpada de **néon** de baixíssima potência (1/20 watt) associada em série a um resistor de aproximadamente 250 k Ω .

Quando se toca com a lâmina da chave de fenda teste ou um dos terminais do **teste de corrente elétrica** num ponto qualquer percorrido por energia elétrica, mantendo um dedo apoiado no capuz do cabo da chave de fenda teste ou no outro terminal do teste de corrente elétrica, provoca-se o acendimento da lâmpada **néon**. Como o resistor é de valor elevado, podemos identificar a fase ou fases sem a possibilidade de levarmos choque.

Atenção: O teste de corrente elétrica deve sempre acompanhar os trabalhos do eletricitista, para certificar-se de que realmente o circuito está ligado ou desligado.



Figura 3.66 - Tipos de teste de corrente elétrica.
Cortesia: Pial Legrand e Fame.

3.4.28. Máquina de Cortar Paredes

É uma máquina-ferramenta que executa de maneira rápida e segura até quatro metros lineares por minuto de cortes verticais, horizontais ou inclinados de canaletas para tubulações elétricas ou hidráulicas em tijolo comum, pedra calcária, paredes pré-fabricadas, tijolos perfurados e tijolos vazados. Ágil, potente e de fácil manuseio, proporciona um trabalho limpo e sem causar danos às paredes. Abre uma canaleta com 35 mm de largura e 50 mm de profundidade. Tem uma potência de 660 watts, 1.600 rpm, e a tensão de funcionamento pode ser para 110V ou 220V. É recomendável o uso em instalações elétricas de grande porte, em que os serviços são repetitivos, como, por exemplo, instalações em edifícios, e devem ser feitos com rapidez, bom acabamento e menor desgaste físico.

As canaletas são feitas com precisão, de tal forma que basta acertar o posicionamento das caixas e em seguida alojar os eletrodutos.

Atenção: Ao usar o cortador de paredes, recomenda-se o uso de óculos de segurança, luvas e máscara contra pó.

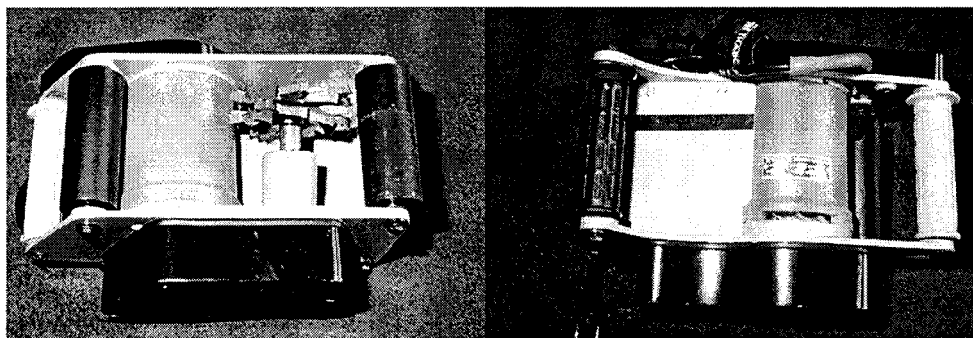


Figura 3.67 - Máquina de cortar paredes THC-500.
Cortesia: Thabor.

4.1. Histórico e Desenvolvimento da Lâmpada

4.2. A Importância da Boa Iluminação

4.3. Fontes de Luz Artificial

4.1. Histórico e Desenvolvimento da Lâmpada

As primeiras pesquisas realizadas sobre as fontes de luz de origem elétrica, ou seja, da forma como hoje a conhecemos, têm mais de 100 anos, precisamente datam de 1854, tendo como inventor Heinrich Goebel, que construiu e usou pela primeira vez uma lâmpada incandescente. Somente 25 anos mais tarde, ou seja, em 1879, foi iniciada a produção de lâmpadas incandescentes em escala industrial, graças a notáveis pesquisas realizadas pelo famoso cientista Thomas Alva Edison. A seguir, apresentamos as etapas mais importantes da evolução das fontes de luz elétrica.

- **1854 - Heinrich Goebel** constrói a primeira lâmpada incandescente, empregando um filamento de carvão, dentro de um bulbo de vidro. A lâmpada era acionada por pilhas primitivas. No entanto, devido à falta de incentivo e outras dificuldades, o seu trabalho não teve continuidade.
- **1878 - O inventor Sir Joseph Wilson Swan** apresenta uma nova lâmpada incandescente por ele construída. Esse modelo tem características semelhantes à lâmpada de Heinrich Goebel, porém teve o mesmo destino (figura 4.3).



Figura 4.1 - As fontes de luz através dos tempos.

- **1879 - Thomas Alva Edison** realizou uma série de experiências no que concerne à incandescência dos filamentos, optando também pelo filamento de carvão. Obteve o registro do seu invento, que foi o primeiro modelo apto a ser produzido em escala industrial e revolucionou o sistema de iluminação (figura 4.4).
- **1898 - Auer von Welsbach** consegue substituir o filamento de carvão pelo filamento metálico (ósmio), aperfeiçoando com essa inovação a lâmpada. Esse modelo já se assemelha à lâmpada de hoje (figura 4.5).
- **1913 - Outro grande melhoramento técnico** foi a fabricação do filamento em forma de espiral, obtendo-se com isso notável evolução do rendimento luminoso (figura 4.6).



Figura 4.2

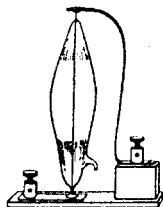


Figura 4.3

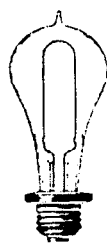


Figura 4.4



Figura 4.5



Figura 4.6

Cortesia: Osram.

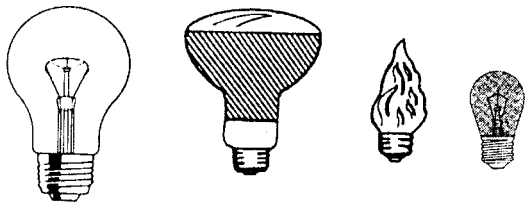


Figura 4.7 - Formas atuais de alguns tipos de lâmpadas incandescentes. Cortesia: Philips.

A partir de então, surgiram várias inovações e melhoramentos até chegar ao tipo usado nos dias de hoje: o filamento de ósmio foi substituído pelo de tungstênio (em 1907), cujo ponto de fusão é de 3.387°C, que apresenta as melhores condições técnicas para esse fim. Com o objetivo de aumentar a vida da lâmpada, introduziu-se primeiro o nitrogênio, depois argônio e por fim criptônio (figura 4.7).

Jean Picard e Jean Bernoulli demonstraram que a agitação do mercúrio era capaz de produzir luminosidade. Geissler construiu, em 1850, a famosa lâmpada(ou tubo) que leva o seu nome, a qual confirmou o fenômeno da luminosidade pelas descargas elétricas. **Arons** inventou a lâmpada a vapor de mercúrio, com uso comercial em 1901, com a lâmpada Cooper-Hewitt. Em 1910, **Claude** apresentou a lâmpada com funcionamento à base de gases nobres (argônio, xenônio, criptônio, néon e hélio) e de vapor de sódio, sendo a de néon a mais utilizada em propaganda comercial. Em 1934, apareceu a primeira lâmpada fluorescente que é muito empregada na indústria, comércio e em residências.

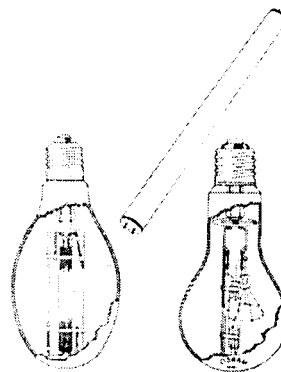


Figura 4.8 - Lâmpada fluorescente, a vapor de mercúrio e mista. Cortesia: Philips.

4.2. A Importância da Boa Iluminação

O homem tende a construir o seu futuro em função dos resultados das pesquisas e descobertas tecnológicas. Verificamos através da história que é uma tendência generalizada no sentido de que uma das tecnologias mais benéficas desenvolvidas nos últimos 100 anos é a **iluminação elétrica**.

Quando usamos a **iluminação** de forma racional, ela nos apresenta uma série de benefícios, entre os quais podemos citar: **proteção à vista, influências benéficas sobre o sistema nervoso vegetativo** que comanda o **metabolismo** e as **funções do corpo**, fazendo com que haja uma elevação do rendimento no trabalho, diminuição de erros e acidentes, contribuindo assim para maior conforto, bem-estar e segurança.

Nos diversos ambientes de trabalho, numa economia cada vez mais voraz, exigente e competitiva, a vista dos funcionários é submetida a grandes esforços. Uma iluminação adequada, que não ofusque, mas que seja suave e agradável, diminui a fadiga e exerce uma favorável influência sobre os ânimos, melhorando o ambiente de trabalho.

Reconhecendo a grande vantagem apresentada por uma iluminação adequada, os estabelecimentos industriais e comerciais vêm dando cada vez mais importância à iluminação eficiente. Mas, infelizmente, muitas pessoas persistem na idéia de que a iluminação é o maior consumidor de energia, e por esta razão a iluminação residencial ainda permanece dentro de um padrão deficiente.

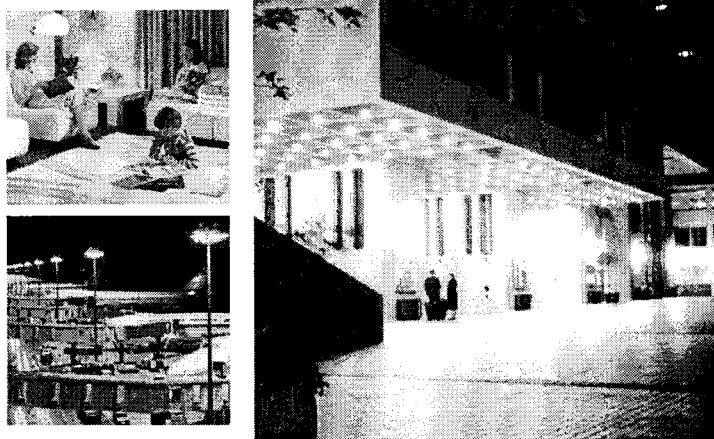


Figura 4.9 - Exemplos de Iluminação. Cortesia: Philips.

Esta idéia se prende à própria concepção da natureza da luz, pois como já vimos, trata-se de uma transformação de energia, e devido a isso é possível ver o seu consumo.

É no campo da iluminação que existe a oportunidade para conservar energia, ou seja, termos uma iluminação adequada dentro dos padrões estabelecidos pela norma, porém com economia de energia, sem, contudo, vivermos às escuras ou na obscuridade.

A indústria da iluminação é a que mais tem investido na eficiência e economia de energia. Tanto é que nos últimos 40 anos, essa indústria conseguiu aumentar a eficiência das lâmpadas de modo significativo:

- lâmpadas de descarga a vapor de mercúrio a alta pressão em 65%;
- lâmpadas fluorescentes em 80%;
- lâmpadas de descarga em vapor de sódio a baixa pressão em 115%.

"Junto com essas evoluções foi desenvolvido na última década um número considerável de novos produtos de iluminação para economia de energia, dentre os quais as lâmpadas fluorescentes compactas e eletrônicas. Assim, possível reduzir o consumo de energia, **sem diminuir os enormes benefícios de uma boa iluminação.**"

4.3. Fontes de Luz Artificial

Das fontes de luz artificial, as lâmpadas elétricas são, sem dúvida, as que apresentam maior eficiência e oferecem possibilidades ilimitadas de obter ambientes acolhedores e confortáveis. As lâmpadas elétricas atuais são agrupadas em dois tipos principais:

- **Incandescentes;**
- **Descarga.**

4.3.1. Lâmpadas Incandescentes

A luz desse tipo de lâmpada é proveniente de um filamento metálico (tungstênio) alojado no interior de um bulbo de vidro sob vácuo ou com gases quimicamente inertes em seu interior (figura 4.10).

Os componentes básicos das lâmpadas incandescentes são:

- bulbo
- gás
- base
- filamento

O **bulbo** é construído em vidro opaco ou transparente e apresenta os mais variados formatos (figura 4.11).

O **gás** inerte contido no interior do bulbo serve para evitar que o filamento entre em combustão e evapore, conseqüentemente, a temperatura de funcionamento do filamento pode ser maior. Os gases mais usados no enchimento das lâmpadas incandescentes são o **nitrogênio** e o **argônio**. O **criptônio** também é um gás quimicamente inerte, possui propriedades ainda melhores do que dos anteriores, pois causa menores perdas por condução e convecção, porém, devido ao custo elevado, só é usado em alguns tipos de lâmpadas especiais.

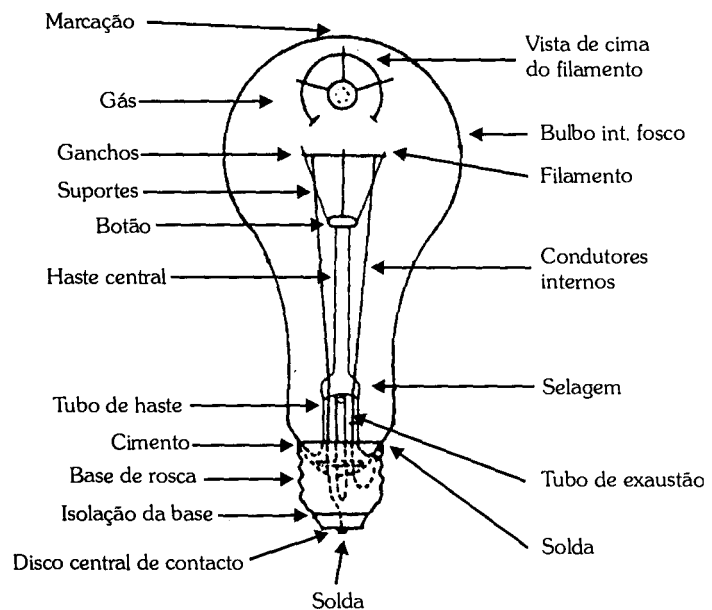


Figura 4.10 - Diversos tipos de bulbo de lâmpadas.
Cortesia: Philips.

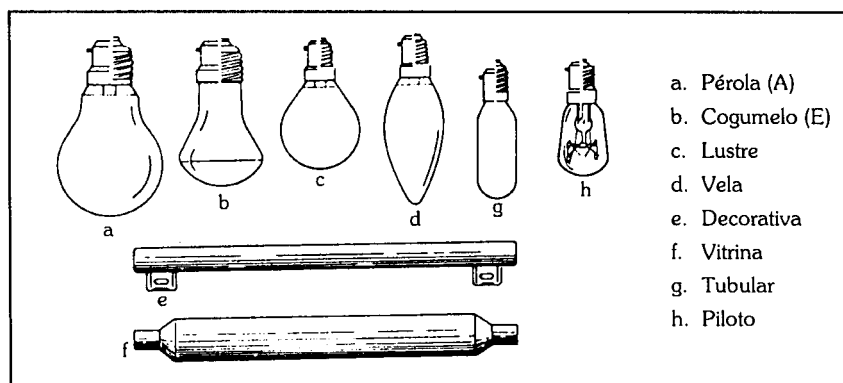


Figura 4.11 - Diversos tipos de bulbo de lâmpadas. Cortesia: Philips.

A **base** é o elemento de ligação mecânica e elétrica ao receptáculo, feita de latão ou ferro latonado, e possui rosca do tipo **Edison** de diversos diâmetros ou do tipo baioneta (figura 4.12).

Nome da base	Símbolo	Diâmetro (mm)
Miniatura	E-10	10
Candelabro	E-12	12
Pequena	E-14	14
Intermediária	E-17	17
Normal	E-27	27
Mogul	E-40	40

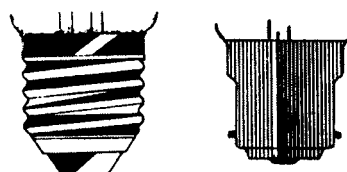


Figura 4.12 - Tipos de bases. Cortesia: Sylvania.

O **filamento** é feito de **tungstênio**, enrolado em forma helicoidal e suportado por uma haste de vidro, onde se encontram os condutores internos e emite luz quando aquecido a certa temperatura pela passagem da corrente elétrica (figura 4.13, figura 4.14 e figura 4.15).

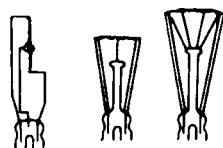


Figura 4.13 - Tipos de filamentos
Sylvania.
Cortesia: Sylvania.



Figura 4.14 - Filamento duplamente
espiralado sobre um núcleo de molibdênio
da Philips. Cortesia: Philips



Figura 4.15 - Suporte para filamento
duplamente espiralado.
Cortesia: Philips.

4.3.1.1. Princípio de Funcionamento das Lâmpadas Incandescentes

A lâmpada incandescente produz luz quando o seu filamento é aquecido pela passagem da corrente elétrica, devido ao **efeito Joule**:

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

- **P** - Potência, em watt (W)
- **R** - Resistência do filamento, em ohm (Ω).
- **I** - Corrente elétrica, em ampère (A).

Para obter o melhor rendimento da lâmpada, é necessário que a temperatura do filamento aliada à conservação do calor gerado no bulbo seja a maior possível. O tungstênio, como vimos, tem um ponto elevado de fusão e uma baixa taxa de evaporação, o que permite atingir altas temperatura (3.400°C) de operação e, conseqüentemente, maior eficácia na produção de luz.

4.3.1.2. Seqüência de Montagem da Lâmpada Incandescente

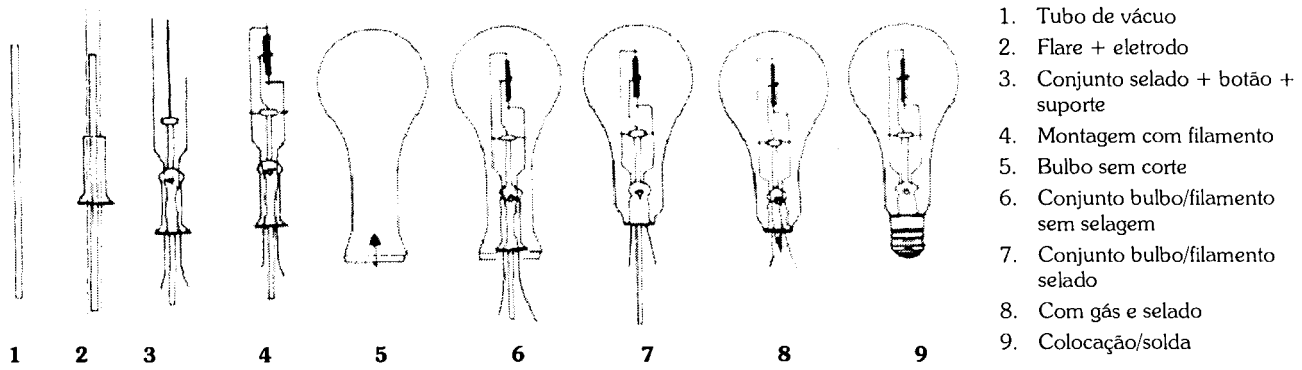


Figura 4.16 - Seqüência de montagem da lâmpada incandescente. Cortesia: Sylvania.

4.3.1.3. Tipos de Lâmpadas Incandescentes

As lâmpadas incandescentes são fabricadas em vários tipos e para diversas aplicações:

- lâmpadas para uso geral
- lâmpadas específicas
- lâmpadas decorativas
- lâmpadas refletoras/defletoras ou espelhadas
- lâmpadas halógenas
- lâmpadas infravermelhas

4.3.1.4. Lâmpadas para Uso Geral

Essas lâmpadas são produzidas em acabamento do bulbo claro, branco difuso ou leitoso ou colorido. As lâmpadas com acabamento branco difuso ou leitoso proporcionam uma boa distribuição do fluxo luminoso, eliminando as sobras e o ofuscamento (figura 4.17).

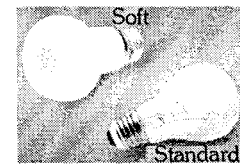


Figura 4.17 - Tipos de lâmpada para iluminação geral da Philips.

4.3.1.5. Lâmpadas Específicas

São destinadas a locais sujeitos a vibrações, como, por exemplo: tornos e outras máquinas rotativas, bombas de gasolina e navios e também para locais onde há grandes variações de temperatura e umidade como refrigeradores e fogões. E ainda para aparelhos ou instalações que necessitam de lâmpadas de extra - baixa tensão (6 ou 12 V).

4.3.1.6. Lâmpadas Decorativas

Em ambientes onde se queira uma iluminação de destaque ou de representação, podem ser utilizadas lâmpadas decorativas, formas harmoniosas proporcionam ao ambiente um aspecto de luxo e de beleza. Seja em preciosos lustres de cristal, seja nos mais modernos modelos de abajur, as lâmpadas decorativas dão o "toque final" à iluminação escolhida.

Para a iluminação de festas ou decoração natalina, podem ser utilizadas lâmpadas decorativas coloridas. Suas mais variadas tonalidades produzem sempre um efeito agradável e acolhedor.

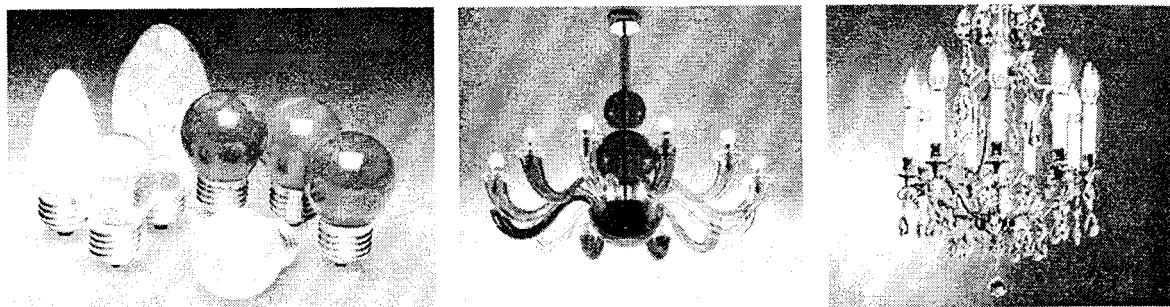


Figura 4.18 - Lâmpadas decorativas. Cortesia: Philips.

4.3.1.7. Lâmpadas Refletores/Defletoras ou Espelhadas

São fontes de luz de alto rendimento, pequenas dimensões e fecho concentrado e dirigido. Permitem a obtenção de um fluxo luminoso constante de alta intensidade e distribuição precisa, devido ao formato do bulbo e ao espelho na sua superfície interna.

Essas lâmpadas encontram um vasto campo de aplicações, e podem ser utilizadas em locais onde um determinado objeto necessita de destaque especial, como, por exemplo: **vitrines, lojas, exposições, feiras industriais, museus, hotéis, residências, palcos de teatros, etc.**

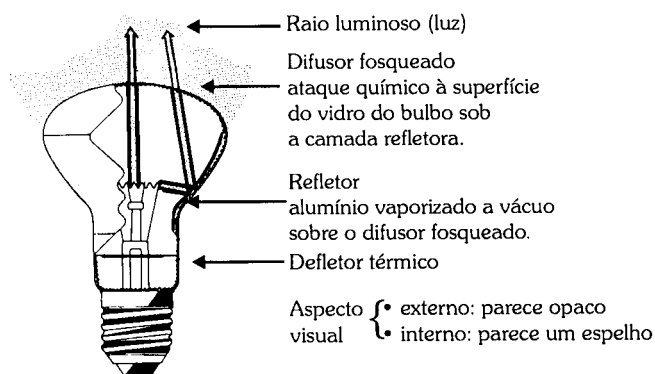


Figura 4.19 - Detalhe da lâmpada refletora da Sylvania.

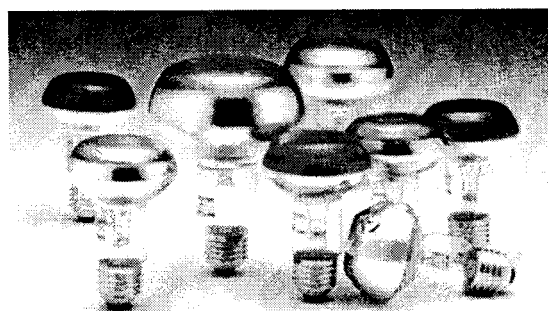


Figura 4.20 - Lâmpadas refletores/espelhadas Spotline da Philips.

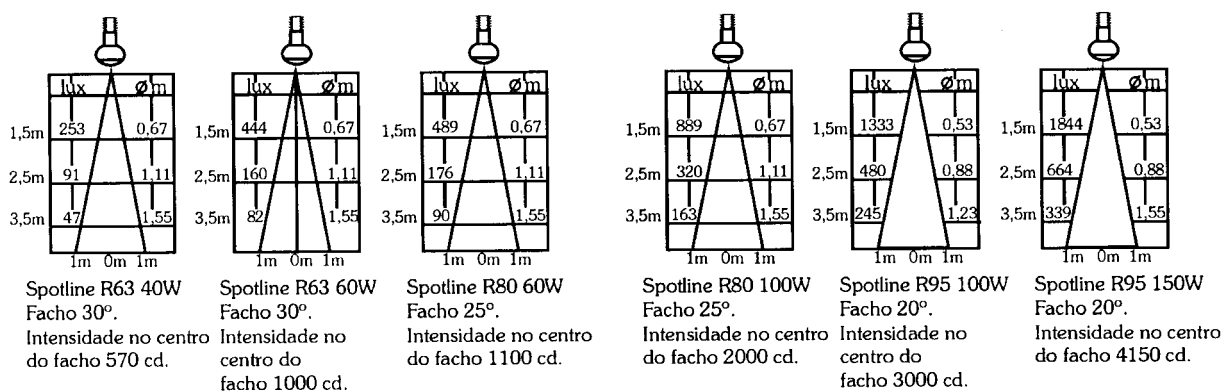


Figura 4.21 - Dados fotométricos das lâmpadas refletores da Philips.

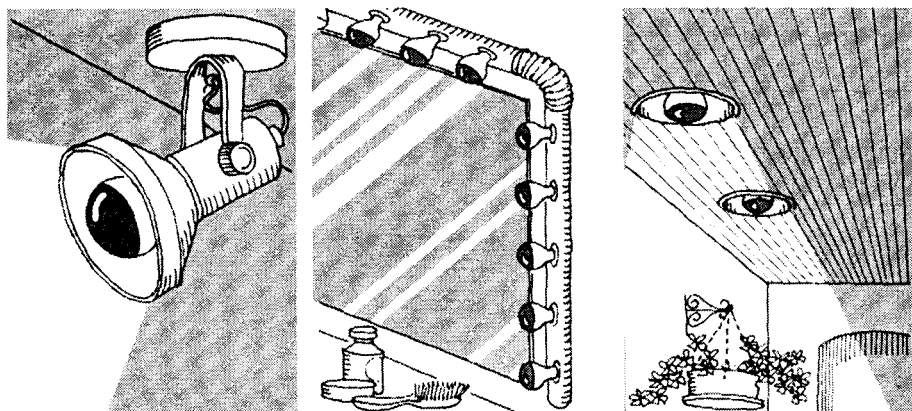


Figura 4.22 - Exemplo de aplicações das lâmpadas defletoras da Sylvania.

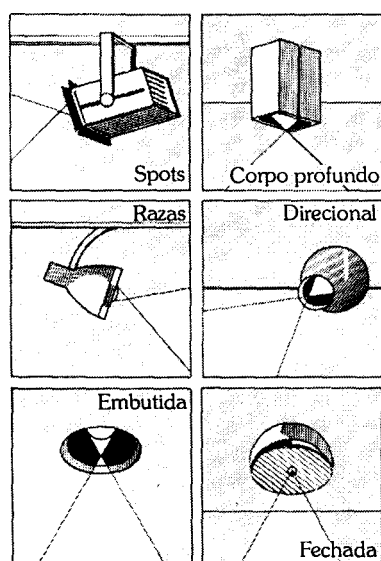


Figura 4.23 - Exemplos de aplicações da lâmpada refletora elipsoidal ER 30 da Sylvania.

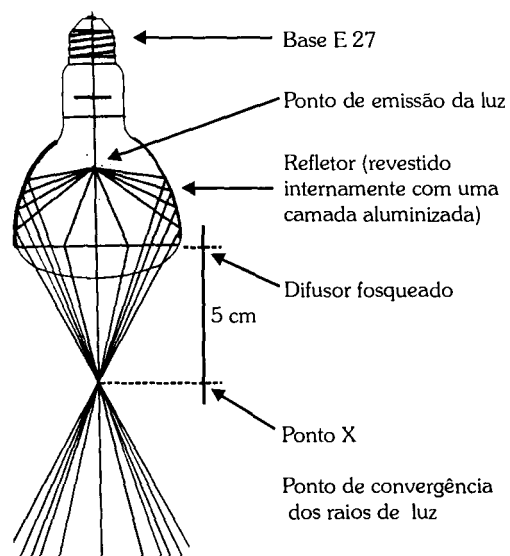


Figura 4.24 - Facho de luz da lâmpada refletora elipsoidal ER da Sylvania.

4.3.1.8. Lâmpadas Halógenas

Elas fazem parte da família das lâmpadas incandescentes, e de acordo com a aplicação podem ser encontradas em dois formatos: **"lapiseira" ou "palito" e com refletor dicróico.**

Halôgênio significa **"formador de gás"** ("halo" - gás e "gênio" - formador).

Os elementos químicos que fazem parte da família dos halogênios são: **o cloro, o bromo, o flúor e o iodo.**

Nas lâmpadas halógenas, além dos gases inertes de enchimento, semelhantes às lâmpadas incandescentes comuns, é introduzida uma determinada quantidade de elementos halógenos, normalmente o bromo ou o iodo, numa ampola de quartzo.

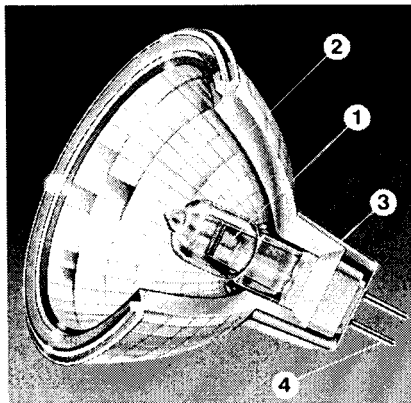
Funcionamento

É semelhante ao de uma lâmpada incandescente comum, tendo como característica o **"ciclo halógeno"**, cuja finalidade é regenerar o filamento. O "ciclo halógeno" se processa da seguinte forma:

1. A lâmpada é acesa.
2. O "**ciclo halógeno**" permite trabalhar com temperaturas mais elevadas (2.800°C) no filamento de tungstênio.
3. Ocorre a volatilização do tungstênio e as partículas procuram as partes mais frias.
4. As partículas, que se encontram numa região cuja temperatura está em torno de 250°C, combinam-se com o halogênio, formando o **haletto, iodeto ou brometo de tungstênio**, conforme o gás que existe internamente.
5. O iodeto, na forma de gás, acompanha a corrente de convecção interna da lâmpada, retomando ao filamento. Nesse momento, com a deposição do gás de iodeto e as partículas de tungstênio no filamento, ocorre a liberação do gás de halogênio.
6. Reinício do ciclo.

4.3.1.8.1. Características e Aplicações das Lâmpadas Halógenas

A) Lâmpada Halógena Dicroica



1. Lâmpada halógena com bulbo de quartzo
2. Espelho dicroico
3. Posicionamento exato do bulbo, combinado com espelho multifacetado
4. Base bipino para conexão elétrica segura

Figura 4.25 - Constituição de uma lâmpada dicroica da Philips.

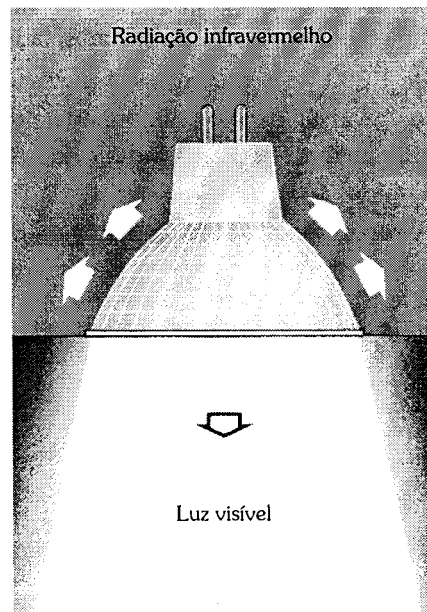


Figura 4.26 - Devido às características do refletor dicroico, a luz é emitida para a frente, enquanto o calor (radiação infravermelha) é desviado para trás.

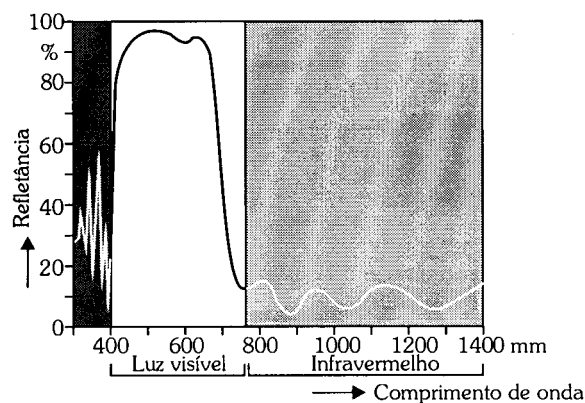


Figura 4.27 - Curva de reflexão típica de um espelho dicroico.

As lâmpadas halógenas dicróicas são disponíveis em duas versões com potência de 50W e tensão 12 V, sendo necessário o uso de transformador.

- Dicróica Fechada - fecho de 12°, 24° e 36° com refletor dicróico com vidro frontal.
- Dicróica Aberta - fecho de 24° e 36° com refletor dicróico sem vidro frontal.
- Base bipino do tipo GU 5.3.

Aplicações

- Lojas e magazines
- Residências
- Hotéis e restaurantes
- Exposições, galerias de artes e museus

Nota: Atualmente existem lâmpadas dicróicas para funcionamento sem transformador, podendo ser ligadas diretamente na rede em 127 ou 220V.

B) Lâmpada Halógena HA Plus Line

Características

- Base de contato embutido, envolta por um isolador de porcelana;
- As lâmpadas de 1.000 W, possuem dois fusíveis internos;
- Posição de uso universal (exceto para o modelo de 1.000 W);
- Fluxo luminoso mantém-se durante toda a vida das lâmpadas;
- Dimerizável;
- Acendimento e reacendimento imediatos.

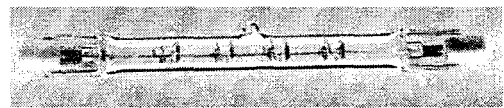


Figura 4.28 - HA Plus Line. Cortesia: Philips.

Aplicações

- Residências
- Museus, instalações públicas
- Fábricas
- Estacionamento
- Estúdios
- Lojas (vitrines e displays)
- Ginásios
- Estádios
- Construções

As lâmpadas HA 1.000 W foram projetadas para operar na posição horizontal com mais ou menos 4° de desvio. Quando operam com até 15° de desvio, será afetada sua performance.

C) Lâmpada PAR Halógena

Características

- Possui um "burner" de vidro reforçado posicionado em um refletor parabólico revestido de alumínio;
- Filamento especial, que associado ao vidro frontal granulado, garante um fecho de luz branco e brilhante;
- Dimerizável;
- Acendimento e reacendimento imediatos;
- Posição de uso universal.

Aplicações

- Escritórios e residências
- Museus e instalações públicas
- Lojas
- Hotéis e restaurantes

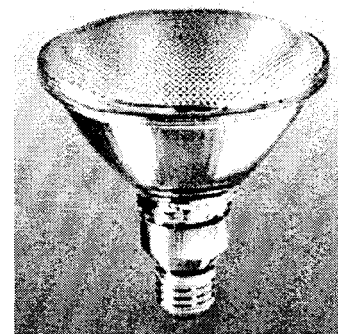


Figura 4.29 - PAR Halógena. Cortesia: Philips.

D) Lâmpada Halógena

Características

- Possui um filamento linear espiral, equipada com fusível arco preventido. Esse filamento é fixado no tubo de arco;
- Possui dimensões e base equivalentes às lâmpadas incandescentes comuns;
- Posição de funcionamento universal;
- Vida média = 2.000 horas.

Aplicações

- Mesas para leitura
- Sistemas de segurança
- Iluminação de emergência

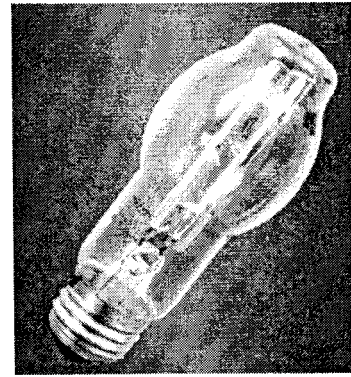


Figura 4.30 - Lâmpada halógena.
Cortesia: Philips.

4.8.1.8.2. Cuidados com as Lâmpadas Halógenas

- Não tocar o bulbo com as mãos, porém, se necessário, limpar as manchas com feltro umedecido em álcool.
- As lâmpadas de alta potência devem ser protegidas por fusíveis, a fim de evitar arcos elétricos internos.
- Observar sempre a posição de funcionamento. O halógeno é um gás pesado, portanto a lâmpada com inclinações fora do estabelecido pelo fabricante pode ter apenas um trecho do filamento imerso no gás halógeno, reduzindo, conseqüentemente, a sua vida útil.
- Temperatura nas base e soquetes. As lâmpadas halógenas, em geral, trabalham com correntes elevadas, podendo comprometer a qualidade dos contatos elétricos. Enquanto na lâmpada incandescente comum de 100W-127V, temos uma corrente de 0,8 A no contato, em uma lâmpada halógena de 50W-12V, temos em torno de 4,2 A. Temperaturas acima de 350°C, no contato das lâmpadas do tipo "lapiseira" ou "palito", causam rompimento da continuidade elétrica.

4.3.1.9. Lâmpada Infravermelha

As lâmpadas infravermelhas têm como característica fundamental emitir uma radiação que se encontra na faixa de ondas curtas da radiação infravermelha, cujo comprimento de onda varia de 780 a 1.400 nm.

A emissão de luz, ou seja, a radiação com comprimento de onda menor do que 750 nm, compreende apenas uma pequena parte da energia total, de maneira que a lâmpada produz um pequeno fluxo de luz visível.

Essas lâmpadas possuem as seguintes características:

- Alto coeficiente de reflexão, graças ao espelho interno de alumínio.
- Alto rendimento, devido à qualidade do vidro e à aplicação do espelho interno, proporcionando uma alta eficiência, dispensando equipamentos adicionais.
- Pequenas dimensões de diâmetro e comprimento.

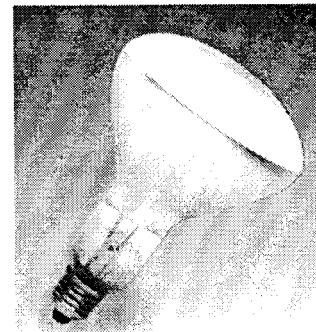


Figura 4.31 - Secagem.
Cortesia: Philips.

Precaução: Torna-se conveniente a instalação de receptáculo de porcelana de boa qualidade em face das temperaturas de trabalho.

Aplicações

- Indústrias gráficas na secagem de tintas;
- Indústrias automobilísticas na secagem de tintas à base de laca, esmalte e verniz;
- Na criação de animais como pintos, porcos e bezerras, para aquecer o ambiente;

- Indústrias têxteis, na evaporação dos componentes voláteis;
- Ampla aplicação como secagem nas indústrias de couro, tabaco, etc.;
- Outras aplicações industriais.

4.3.1.10. Dados Técnicos de Lâmpadas Incandescentes Philips

Tabela 4.1 - Lâmpadas Incandescentes para Uso Geral.

Tipo de Lâmpada	Potência (W)	Tensão (V)	Acabamento	Base	Fluxo Luminoso Médio (lm)	
					127 V	220 V
Soft	25	127/220	argenta	E-27	220	190
Soft	40	127/220	argenta	E-27	430	370
Soft	60	127/220	argenta	E-27	720	640
Soft	100	127/220	argenta	E-27	1375	1210
Standard	25	127/220	claro	E-27	260	220
Standard	40	127/220	claro	E-27	490	430
Standard	60	127/220	claro	E-27	820	730
Standard	100	127/220	claro	E-27	1560	1380
Standard	150	127/220	claro	E-27	2440	2220
Standard	200	127/220	claro	E-27	3400	3150

Tabela 4.2 - Lâmpada Refletora Comum.

Tipo de Lâmpada	Potência (W)	Tensão (V)	Bulbo	Fluxo Luminoso Médio (lm)		Intensidade no Centro do Facho (cd)		Abertura do Facho	Base
				127 V	220 V	127 V	220 V		
Mini Spot	40	127/220 V	R63	330	300	315	330	30°	E-27
Mini Spot	60	127/220 V	R63	550	485	545	530	30°	E-27
Mini Spot Ouro	60	127/220 V	R63	505	475	480	360	30°	E-27
Bulbo Prateado	100	127/220 V	A65	1100	1100	-	-	-	E-27

Tabela 4.3 - Lâmpadas Refletoras Spotline.

Tipo de Lâmpada	Potência (W)	Tensão (V)	Acabamento	Intensidade no Centro do Facho (cd)	Base
Mini Spot R63	40	130/230	espelhado	570	E-27
	60	130/230	espelhado	1000	E-27
	40	130/230	amarelo	-	E-27
	40	130/230	vermelho	-	E-27
	40	130/230	verde	-	E-27
	40	130/230	azul	-	E-27
Comptalux Spot R80	60	130/230	espelhado	1100	E-27
	100	130/230	espelhado	2000	E-27
Comptalux	100	130/230	espelhado	3000	E-27
Facho Médio R95	150	130/230	espelhado	4150	E-27
Bulbo Prateado R60	60	130/230	espelhado	(1)	E-27

(1) Na Spotline Bulbo Prateada 60W, a intensidade do facho depende da luminária utilizada.

Tabela 4.4 - Dicroica Aberta - EXZ e Dicroica Fechada - EXN.

Código Comercial	Potência (W)	Tensão ⁽¹⁾ (V)	Abertura do Facho	Temperatura de Cor (K)	Intensidade Luminosa (cd)	Vida Média (h)	Base2
DIC-A24-12V50	50	12	24°	3000	3100	3000	GU 5.3
DIC-A36-12V50	50	12	36°	3000	1800	3000	GU 5.3
DIC-F12-12V50	50	12	12°	3000	8200	4000	GU 5.3
DIC-F24-12V50	50	12	24°	3000	3100	4000	GU 5.3
DIC-F36-12V50	50	12	36°	3000	1800	4000	GU 5.3

(1) Requer transformador; (2) Base GU 5.3 é intercambiável com base GX 5.3

Tabela 4.5 - Lâmpada Halógena HA Plus Line.

Código Comercial	Potência (W)	Tensão (V)	Fluxo Luminoso (lm)	Base	Vida Média (h)
HA200-120V	200	120	3520	R7S-15	2000
HA200-230V	200	230	3520	R7S-15	2000
HA300-120V	300	120	5200	R7S-15	3000
HA300-230V	300	230	5600	R7S-15	2000
HA500-120V	500	120	9500	R7S-15	3000
HA500-230V	500	230	9900	R7S-15	2000
HA1000-120V	1000	120	22000	R7S-15	2000
HA1000-230V	1000	230	24200	R7S-15	2000

4.3.2. Lâmpadas de Descarga

A luz emitida por uma lâmpada de descarga é produzida pela passagem da corrente elétrica em um gás ou vapor ionizado que, ao chocar-se com a pintura fluorescente ou cristais de fósforos ("phosphor") no interior do tubo, emite luz visível.

As lâmpadas de descarga apresentam eficiências bem superiores às lâmpadas incandescentes, e oferecem muito mais luz sem potência extra. Portanto, é possível reduzir o consumo de energia e ainda assim ter mais luz. Produzem, em média, dez vezes mais luz do que as lâmpadas incandescentes para cada watt consumido.

Existem vários tipos de lâmpada de descarga, para atender às mais diversas aplicações, ou seja:

- Fluorescente
- Luz mista
- Vapor de mercúrio
- Lâmpada de néon
- Vapor metálico
- Multivapor metálico
- Vapor de sódio
- Lâmpada de indução

As lâmpadas de descarga são classificadas em função da pressão interna e podem ser de **baixa e alta pressão**.

4.3.2.1. Lâmpada de Descarga de Baixa Pressão

4.3.2.1.1. Lâmpadas Fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes são fabricadas em diversos formatos:

1. Linear
2. Circular
3. Compacta
4. Colorida
5. Luz negra

Partes das Lâmpadas Fluorescentes

Basicamente, uma lâmpada fluorescente é constituída das seguintes partes:

Bulbo (Tubo)

Serve como compartimento à prova de ar e sob baixa pressão, onde são inseridos o mercúrio, o gás de enchimento, os catodos e a camada de pó fluorescente. O vidro deve estar limpo e livre de defeitos estruturais para a perfeita montagem da lâmpada.

Bases

Cada base é cimentada em cada extremidade do tubo, unindo a lâmpada ao circuito de iluminação por dois contatos. As bases podem ser do tipo bipino médio e duplo contato embutido (DCE). A base duplo contato embutido é usada em lâmpadas com maior corrente de funcionamento (acima de 800 mA) e para isso requer maior tensão do reator, tornado necessária uma proteção mais segura do usuário.

Catodos

Mais conhecidos como filamentos ou eletrodos, servem de terminais para o estabelecimento do arco elétrico, sendo uma fonte de elétrons para a corrente da lâmpada. Em alguns tipos de lâmpada de alta potência, como a HO e duplo fluxo, são usados ânodos separados em forma de placa e em forma de fios para reduzir a perda de potência nas extremidades da lâmpada. Os catodos são normalmente feitos de **espirais de tungstênio**, semelhantes às lâmpadas incandescentes. Existem os catodos duplamente espiralados, catodos triplamente espiralados e simplesmente espiralados. Só que, no caso, são revestidos por uma substância emissora (óxidos alcalinos - terrosos ou óxido de bário) a qual é capaz de aumentar a emissão de elétrons, minimizando as perdas.

Estemes

Correspondem às extremidades do tubo, fechando-o, e suportam cada um dos catodos. Os **ledes - fios que vêm da base** - são aí selados. Esses fios têm três partes:

- A primeira, de ferro niquelado, fica no meio interno da lâmpada, em contato com o catodo, fixando-o.
- A segunda, de tira metálica, chamada DUMET (material que tem o mesmo coeficiente de expansão do vidro), fica na parte interna do esteme.
- A terceira, de cobre, é a parte que faz o contato com os pinos da base.

Fazem parte também do esteme o **tubo de flange** e o **tubo de esgotação**. O primeiro é de vidro com aba numa das extremidades, denominada flange, fazendo conexão com o pescoço do tubo por meio de fusão. O **tubo de esgotação** é por onde o ar é retirado ou aspirado para fora do tubo, para que o mercúrio e o gás de enchimento possam ser injetados.

Vapor de mercúrio

No interior do tubo fluorescente são colocadas gotículas de mercúrio líquido, durante a montagem da lâmpada. Com a lâmpada em operação o mercúrio vaporiza-se numa pressão muito baixa. "A essa pressão, a corrente, através do vapor de mercúrio, faz com que ele irradie energia mais fortemente a um comprimento de onda específico na região do **ultravioleta**".

Caso a pressão do mercúrio aumente, pode ocorrer uma redução na produção nessa faixa do ultravioleta. A pressão do mercúrio durante a operação é regulada pela temperatura da parede do tubo.

Gás de enchimento

Além das gotículas de mercúrio, é injetada no interior do tubo uma pequena quantidade de um gás raro e de alta pureza. "O argônio é o mais empregado. O gás de enchimento ioniza rapidamente quando uma tensão suficiente é aplicada através da lâmpada. Uma vez ionizado, sua resistência decresce, permitindo que a corrente flua e o mercúrio se vaporize."

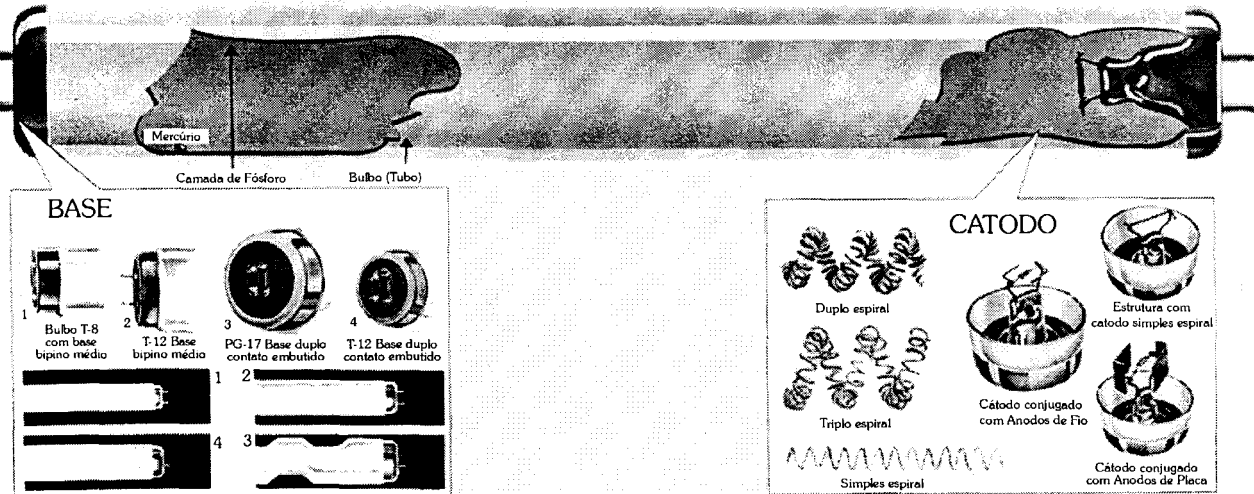
Camada de pó fluorescente

Transforma a radiação ultravioleta em luz visível. As partículas (ou cristais) de pó fluorescente na camada são muito pequenas - aproximadamente 0,0018 cm de diâmetro. O pó fluorescente é designado tecnicamente por luminóforo, sendo conhecido também por **fósfor** ("**phosphor**").

Dependendo da composição química do pó fluorescente, é determinada a cor da luz produzida. Por exemplo:

Substância Fluorescente	Cor
Halofosfato de cálcio	branca

A lâmpada fluorescente tem este nome porque a camada de revestimento fluoresce.



**Figura 4.32 - Constituição da lâmpada fluorescente. Cortesia: GE.
Fonte: Catálogo GE.**

Funcionamento da Lâmpada Fluorescente

Fluorescência é definida como "a propriedade que tem um material de se auto - iluminar quando sob a ação de uma energia radiante, como o ultravioleta, ou o raio X.

Esta definição contém dois elementos essenciais para uma lâmpada fluorescente:

- uma fonte de energia radiante (arco elétrico);
- um material a ser fluorecido (pó fluorescente e aditivos - chamados ativadores).

Basicamente, podemos resumir o funcionamento da lâmpada fluorescente da seguinte forma:

- O circuito é energizado (a).
- Os elétrons abandonam os catodos:
 - vagarosamente nos circuitos convencionais (b);
 - rapidamente nos circuitos de partida rápida (c);
 - a tensão entre os catodos atrai os elétrons (d).
- Os elétrons em excesso ionizam o gás de enchimento, reduzindo a resistência do tubo, o arco salta (e).
- O fluxo dos elétrons no arco excita os elétrons nos átomos de mercúrio, eles mudam de órbita, dando lugar à radiação (f).
- A radiação da colisão de elétrons é absorvida pelo pó fluorescente, causando a luminescência (g).

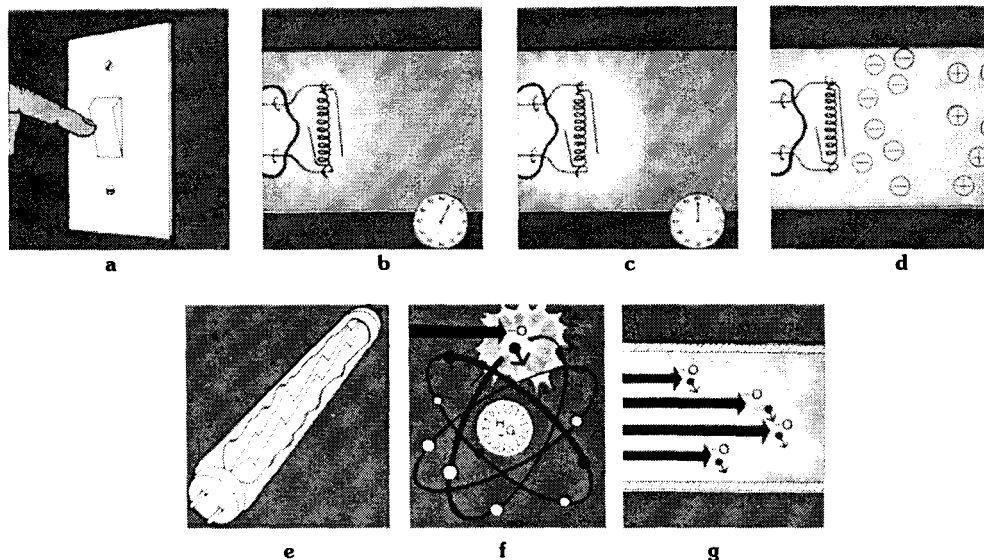


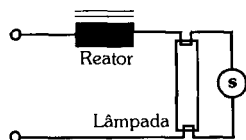
Figura 4.33 - Seqüência de funcionamento da lâmpada fluorescente. Reproduzido do catálogo geral da GE.

Sistemas de Lâmpadas Fluorescentes

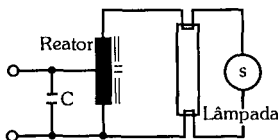
Circuitos Convencionais

Os componentes de um sistema convencional são: reator, "starter", receptáculo para "starter", lâmpada e receptáculo ou soquete da lâmpada.

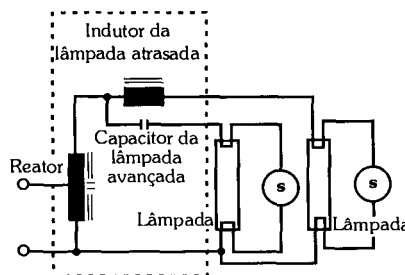
"O circuito nº 1 contém um reator do tipo "choque" que serve para limitar a corrente da lâmpada. Os circuitos nº 2 e 3 utilizam autotransformador para limitar a corrente e aumentar a tensão. O capacitor do circuito nº 2 corrige o fator de potência. No circuito nº 3, um sistema de "avanço - atraso" - o circuito da lâmpada controlado pelo capacitor tem um fator de potência avançado, enquanto o circuito da lâmpada controlado pelo indutor tem um fator de potência atrasado. O resultado dos dois circuitos juntos é um fator de potência essencialmente alto (próximo à unidade)".



Circuito 1. Circuito convencional básico.



Circuito 2. Circuito convencional com autotransformador para elevar a tensão e capacitor para corrigir o fator de potência (FP).



Circuito 3. Circuito convencional de "avanço - atraso".

Circuito Partida Rápida

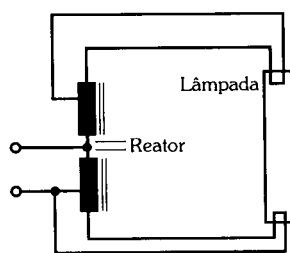
O circuito partida rápida é assim chamado porque o reator possui enrolamentos separados para aquecerem continuamente os filamentos da lâmpada.

Ao ligar o circuito, ocorre rápido aquecimento dos filamentos por meio desses enrolamentos, provocando suficiente ionização dos gases de enchimento na lâmpada, para que o arco se estabeleça em função da tensão dos enrolamentos principais.

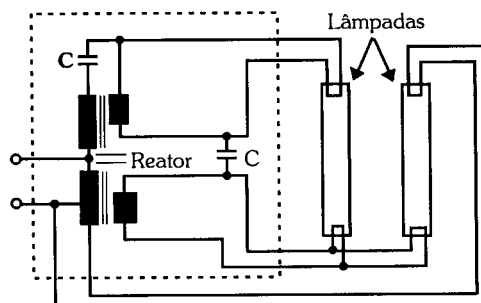
O circuito partida rápida elimina o piscar incômodo que se associa em geral à partida dos sistemas de pré-aquecimento (com "starter"), além de simplificar o sistema de manutenção com a eliminação do "starter" e seus receptáculos.

Para que a lâmpada funcione satisfatoriamente em condições de grande umidade, as lâmpadas de partida rápida e as do tipo universal devem ser recobertas externamente com uma camada de silicone (dri-film). Além da camada de silicone, a lâmpada partida rápida necessita, para que seu funcionamento se torne eficiente e seguro, de uma tira de metal eletricamente aterrada por todo o comprimento da lâmpada, distante não mais de 2,5 cm da parede do bulbo. Na maioria dos casos, é usado o próprio defletor metálico da luminária aterrada.

Em seguida, observe circuitos típicos de partida rápida:



Circuito 4. Circuito básico de partida rápida.



Circuito 5. Circuito de duas lâmpadas em série.

Tipos e Aplicações das Lâmpadas Fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes são fabricadas conforme as tonalidades ou cores e formatos com o objetivo de atender às mais diversas aplicações.

Lâmpadas Fluorescentes Lineares

- **TLD e TLT, da Philips**, com diâmetros de 26 mm e 33,5 mm, com as seguintes tonalidades de cores: TLTRS cor 75 e TLDRS cor 64 e IRC (Índice de Reprodução de Cores) 66 e 70 respectivamente. Nessa linha, existem também as lâmpadas Série 80, a Super 84 e Super 85, ambas com IRC 85. O Revestimento fluorescente da Série 80 é composto por terras raras, obtendo-se desta forma excelente reprodução de cores.
- **TRIMLINE, da GE de 32 W**, especialmente indicada para instalações novas, ou instalações que atendam aos requisitos da lâmpada. Vida média = 20.000 horas.
- **WATT-MISER, da GE de 34 W**, usam reator PR 40W. Vida média = 20.000 horas.
- **STRAY BRIGHT, da GE de 40 W**, com mais lumens por watt e mais vida. Utilizam reator comum de 40 W. Vida média = 30.000 horas.
- **COVR-GUARD, da GE de 32; 40 e 110W.**
- **OCTRON, da Sylvania, de 16 W e 32 W.** Vida média = 7.500 horas.
- **TL 5, da PHILIPS**, é a grande inovação mundial (fabricada em 1996) em iluminação fluorescente, combinando dimensões reduzidas (16 mm de diâmetro) com alta eficiência. Funciona com o reator eletrônico HF-P (figura 4.39).
- **HO, da Sylvania.** São lâmpadas com potências de 60W, 85W e 110W e dimensões 1.166 mm, 1.775 mm e 2.385 mm respectivamente e diâmetro de 38 mm. As lâmpadas fluorescentes HO são muito econômicas devido ao baixo custo de instalação, alta eficiência (lm/W) e apresenta uma distribuição de luz mais uniforme. Vida média = 12.000h.

Aplicações das lâmpadas fluorescentes lineares: bibliotecas, indústrias, hospitais, lojas, escolas, oficinas, supermercados, bancos, garagens, escritórios, residências, etc.

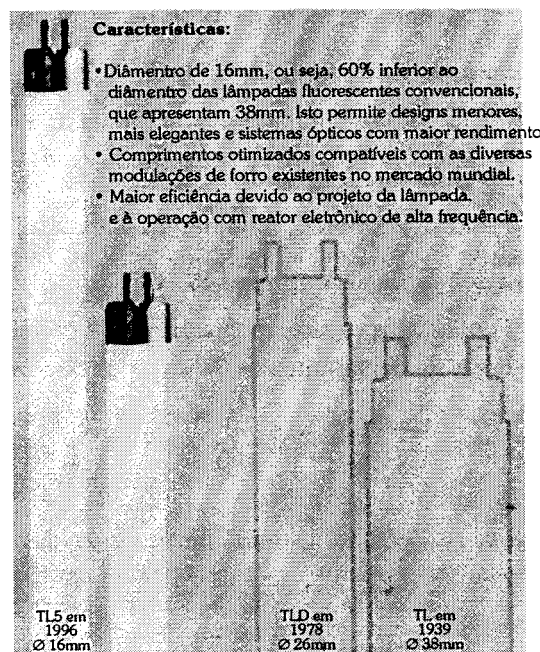


Figura 4.34 - Lâmpada fluorescente TL-5.
Cortesia: Philips.

Lâmpadas Fluorescentes Compactas (Vida média = 8.000h)

Integradas

Características

- Com três tubos em forma de "U" (15W, 20W e 23W) e quatro tubos paralelos (9W, 11W e 15W);
- Base comum E-27;
- Acendimento instantâneo;
- Substitui qualquer lâmpada incandescente comum com economia de 80%.



Figura 4.35 - PL Electronic.
Cortesia: Philips.

Aplicações

- Sala de estar, segurança externa, hotéis, escritórios, lojas, shopping, etc.

Características

- Iluminação uniforme;
- Fácil instalação, base E-27;
- Economia de 65% de energia em relação à lâmpada incandescente;
- Utiliza reator eletromagnético incorporado para 127V ou 220V.



Figura 4.36 - Sistema fluorescente circular.
Cortesia: Philips.

Aplicações

- Cozinhas, áreas de serviço, garagens, bares, restaurantes, hotéis, etc.

Não Integradas

Características das Lâmpadas não Integradas

- Lâmpadas de 2 pinos (base bipino);
- Economia de 80% de energia em comparação com as lâmpadas incandescentes;
- Boa reprodução de cores;
- "Starter" integrado;
- Funcionam em redes de 127V ou 220V de acordo com a necessidade e dos reatores adequados.

Aplicações das Lâmpadas PL-C

- Ideais para serem utilizadas de forma embutida, luminárias de mesa, arandelas, luminárias de pedestais, etc.

Aplicações das Lâmpadas PL-S

- Residências, hotéis, restaurantes, teatros e iluminação de segurança.

Aplicações das Lâmpadas PL-T

- Fonte de luz especialmente projetada para locais que precisam estar iluminados por longo período de tempo.
- Lojas de departamentos, "shoppings", hotéis, bancos, escritórios e iluminação de segurança.

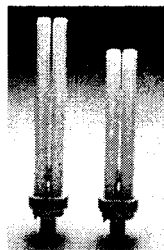


Figura 4.37 - PL-C.

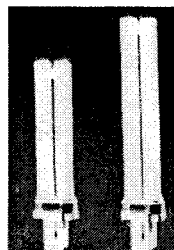


Figura 4.38 - PL-S.
Cortesia: Philips.

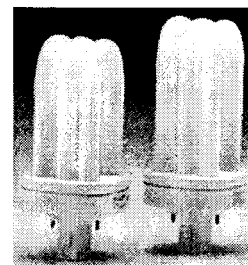


Figura 4.39 - PL-T.

Além das lâmpadas fluorescentes anteriores, de aplicações mais diversas, existem alguns tipos para uso específico, dentre os quais:

a) Lâmpadas Fluorescentes Coloridas, Sylvania

As fluorescentes coloridas da Sylvania de partida universal são fabricadas com potências de 20W e 40W, nas cores: **azul, verde rosa, ouro e vermelho.**

Aplicações: Feiras, exposições, show-room, vitrines, áreas de lazer e diversões, bases, boites, discotecas, danceterias, restaurantes, etc.

Dentre as cores citadas, algumas têm uso bastante específico, por exemplo:

Azul

- Tratamento fototerápico de icterícia (Hiperbillis Rubinemia) de recém-nascidos em bercários de hospitais;
- Indústria têxtil, indústria fumageira, na seleção de algodão e fumos respectivamente;
- Mineralogia: análise e seleção de pedras preciosas.

Ouro

- Locais onde se deseja mínima quantidade de luz (energia) emitida abaixo de 500 nanômetros, e/ou baixa contribuição UV (ultravioleta). Essa característica faz com que esta seja a lâmpada fluorescente que menos atraia insetos, podendo ser usada em varandas, churrasqueiras, campings, etc.
- Editoras, gráficas, estúdios fotográficos, recintos onde se processa, revela ou manuseia filme ou materiais fotossensíveis.
- Processamento de borracha (isolamento de cabos elétricos, fabricação de pneus, etc.) nas fases em que o material é hipersensível à presença de UV.

Verde

- Verificação da uniformidade de deposição da camada de fósforo em cinescópios.
- Inspeção de acabamento em serviços de estamparia e funilaria na indústria automobilística.
- Na área de medição e calibração da espessura e largura de chapas, em laminadoras de tiras a quente na indústria siderúrgica.

b) Lâmpadas Fluorescentes "Slimline"

São de partida instantânea e eletrodos não pré-aquecidos, conhecidas também com o lâmpadas de catodo quente.

Para a partida é necessária a utilização de reatores maiores, que lhe assegurem a aplicação de uma tensão elevada.

c) Lâmpadas Fluorescentes Luz Negra, Sylvania

São fabricadas nas potências de 15W e 30W com partida universal. Vida média = 7.500 horas.

Aplicações



- **Laboratórios:** identificação de substâncias químicas naturais e sintéticas em aplicações cromatográficas. Quanto aos fungos, estudos mostram que a luz negra afeta a estimulação da frutificação e pode influenciar inclusive na taxa de crescimento.



- **Fundições:** inspeção de metal fundido, cujo método consiste em cobrir-se uma peça metálica ou não com penetrante fluorescente, que entra nas rachaduras e a torna visível quando examinada sob luz negra.



- **Armadilhas luminosas de insetos.**

No campo: para controle biológico (não poluente). Determinação das várias espécies de insetos, possibilitando a correta aplicação do programa de extermínio de pragas por pulverização ou vaporização.

Na cidade: as lâmpadas são utilizadas como armadilhas eletrificadas.



- **Outdoors:** destaque de figuras e letreiros de outdoors e displays, placas de sinalização e murais que, iluminados com luz negra, dão impressão de luz própria, fazendo sobressair nuances e detalhes. Ideal para áreas com pouca iluminação como bares noturnos, cinemas, teatros e motéis.



- **Mineralogia:** é usada por geólogos, garimpeiros profissionais e colecionadores de pedras para identificação de minerais através de suas cores fluorescentes características.



- **Indústria têxtil:** revela marcas invisíveis aplicadas em tecidos para corte e costura e identificação de imperfeições na textura, assim como possíveis manchas de óleo.



- **Indústria de laticínios:** detectar certos tipos de bactéria que provocam a deterioração de carnes e laticínios e o seu grau de colonização.



- **Cozinha industrial:** resíduos alimentares nos utensílios são facilmente detectados quando expostos sob luz negra.



- **Filatelia:** na identificação de falsificações, imperfeições de impressão, qualidade e o valor do selo e ainda no apagamento de carimbos postais.



- **Uso militar:** mapas gráficos podem ser estudados ou mostrados no escuro quando impressos com tinta fluorescente e iluminados com luz negra. Fontes de consultas ou informações projetadas em tela de radar, com giz ou gráficos fluorescentes são facilmente visíveis sob luz negra.



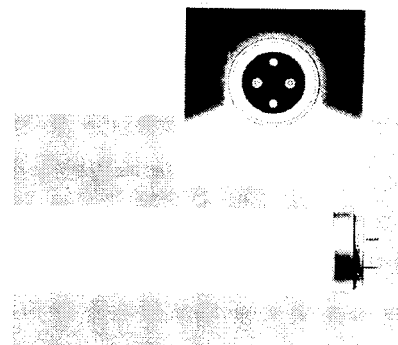
- **Perícia técnica:** na perícia técnica, é utilizada para estudo de várias pistas, como a análise de partículas não visíveis sob luz comum que ajudam na identificação de criminosos, adulterações de documentos e de pessoas que acionam falsos alarmes de incêndio.

d) Lâmpadas Fluorescentes Refletoras

As características elétricas e o formato dessas lâmpadas são idênticos às normais. No entanto, dois terços do perímetro da lâmpada são recobertos (entre a parede de vidro e o pó fluorescente) com uma camada refletora branca. O restante do tubo não refletorizado é denominado "janela". A quantidade de luz irradiada por essa janela é 1,8 vezes superior à quantidade de luz irradiada por uma lâmpada normal. Existem nas potências de 20W, 40W e 65W.

e) Lâmpadas Fluorescentes de Catodo Quente

São lâmpadas de partida rápida e possuem catodos triplamente espiralados, os quais permitem um aquecimento inicial rápido, por isso utiliza uma auto-indução auxiliar, dispensando o uso de "starter". O acendimento ocorre entre 1 e 2 segundos, sendo necessária a aplicação de uma tensão de partida elevada para iniciar a descarga do vapor de mercúrio, e após a partida o filamento continua aquecido com uma pequena corrente. Utilizam reatores partida rápida.



**Figura 4.40 - Lâmpada refletora TL-F.
Cortesia: Philips.**

f) Lâmpadas Fluorescentes para Aquários - AQUARILUX, Sylvania

As lâmpadas fluorescentes Aquarilux (para uso exclusivo em aquários) são fabricadas nas potências de 20W e 40W com partida universal.

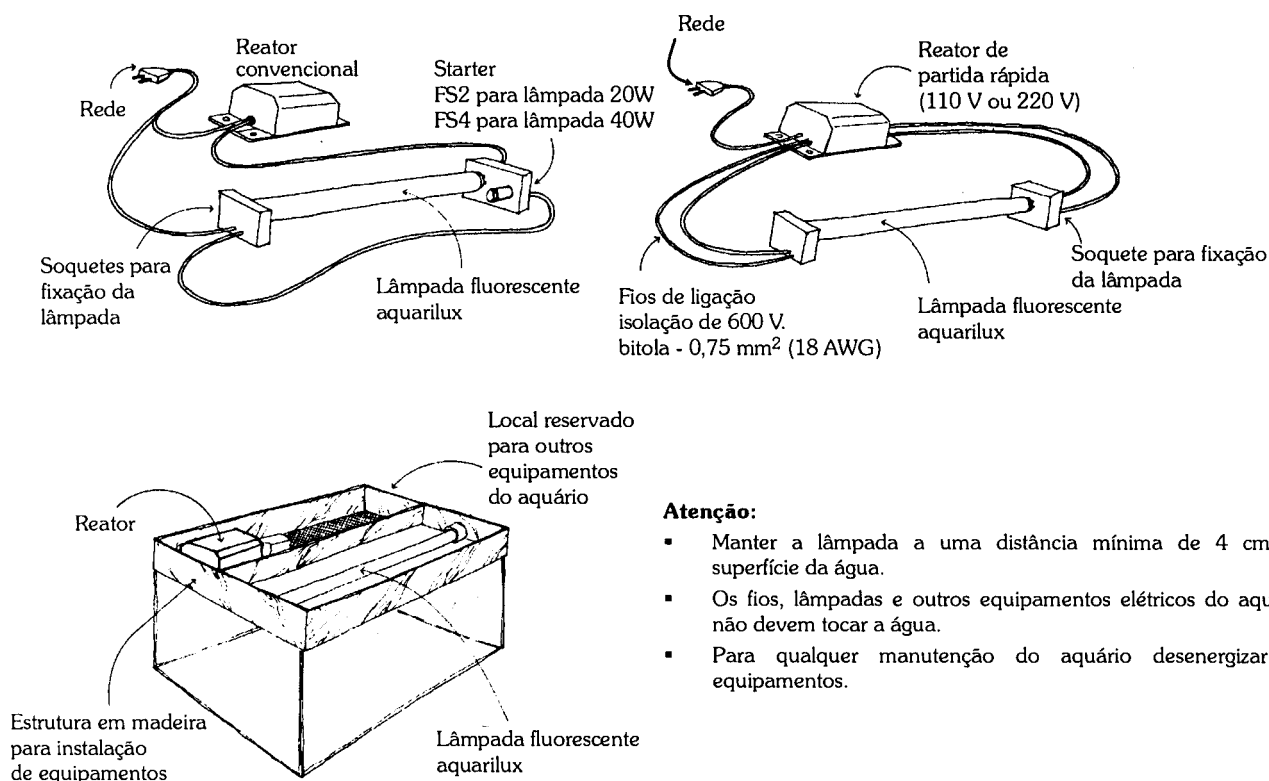


Figura 4.41

g) Lâmpadas Fluorescentes de Catodo Frio

São lâmpadas de acendimento instantâneo. Não possuem filamentos, seus eletrodos são pequenos tubos, de construção robusta, recobertos com **óxido de bário**. Para sua operação necessitam de uma tensão de 450V, para isso utilizam um autotransformador. Existem lâmpadas de catodo frio de baixa e de alta pressão, que exigem soquetes especiais para o seu funcionamento (figura 4.42). Vida média = 25.000 horas.

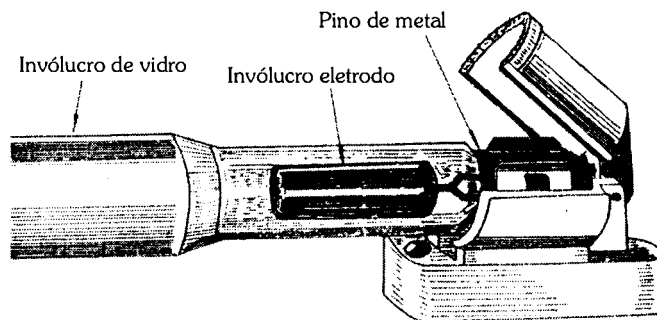


Figura 4.42 - Lâmpadas fluorescentes de catodo frio. Cortesia: CBL Companhia Brasileira de Lâmpadas.

h) Lâmpada Fluorescente de Indução

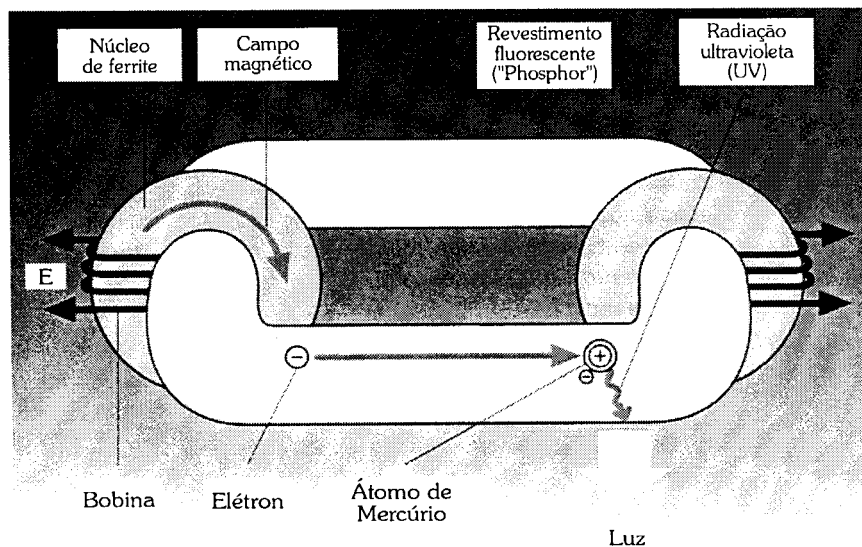


Figura 4.43 - Lâmpada fluorescente de indução OSRAM ENDURA.

▪ Potência	150 W
▪ Eficiência luminosa	80 lm/W
▪ Vida de lâmpada	60.000 horas
▪ Fluxo luminoso	12.000 lumen
▪ Freqüência de operação	250 kHz
▪ Temperatura de cor	4.000°K
▪ IRC (Índice de Reprodução de Cor)	80

Aplicação: Em locais elevados e onde existe dificuldade de acesso para a substituição das lâmpadas.

i) Lâmpada de Néon

Um dos gases raros existentes no ar atmosférico, o néon brilha com grande luminosidade quando excitado pela corrente elétrica. Tubos que contêm gás néon podem ser feitos sob as mais diversas formas e os mais variados tamanhos. Podem também ser obtidas diferentes cores. Basta juntar ao néon outros gases, como, por exemplo, o néon sozinho produz cor vermelha, com mercúrio azul-claro, com hélio cor ouro (dourado), etc.

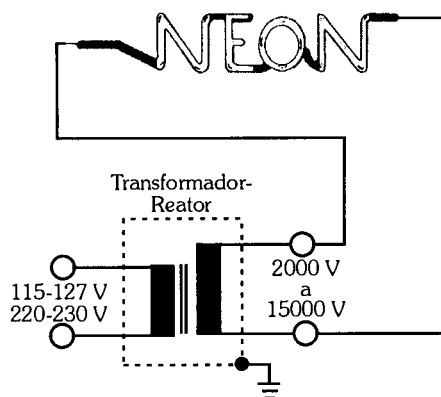


Figura 4.44 - Esquema de ligações de lâmpadas de descarga do tipo néon.

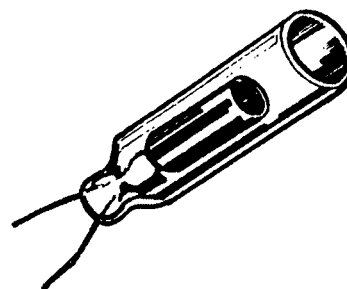


Figura 4.45 - Eletrodo para tubos de néon/argônio.

As lâmpadas e tubos de néon são muito usados em letreiros e desenhos para anúncios e decoração.

Para fazer funcionar um tubo de néon, é necessário transformadores que elevam a tensão de entrada (primário) de 115V/230V para uma tensão de saída (secundário) de 2.000 V a 15.000 V. A tensão de saída do transformador é determinada em função do diâmetro e comprimento do tubo (Tabela 4.24). O custo de operação de tubos de néon é muito baixo, e podem ser utilizados dia e noite sem muitos gastos.

Cuidados no Manuseio das Lâmpadas Fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes, devido à fragilidade do vidro com que é feito o bulbo e principalmente pelo fato de o revestimento interno conter substâncias químicas, devem ser manuseadas com o máximo de cuidado. Os ferimentos causados por estilhaços de vidro provenientes da lâmpada são, em muitos casos, de difícil cicatrização. É importante fazer o tratamento imediato dos ferimentos dessa natureza. Como a pressão interna é menor que a pressão externa, com a quebra, a lâmpada implode, espalhando por toda a volta estilhaços de vidro que poderão atingir quem estiver próximo.

Para maior segurança, proceda da seguinte forma:

- Procure desfazer-se das lâmpadas imprestáveis, colocando-as em local seguro.
- Não as deixe encostadas pelos cantos.
- Lâmpadas novas devem ser mantidas nas embalagens.

Como é feita a instalação das lâmpadas fluorescentes

Observe nos desenhos a maneira correta de instalar lâmpadas fluorescentes:

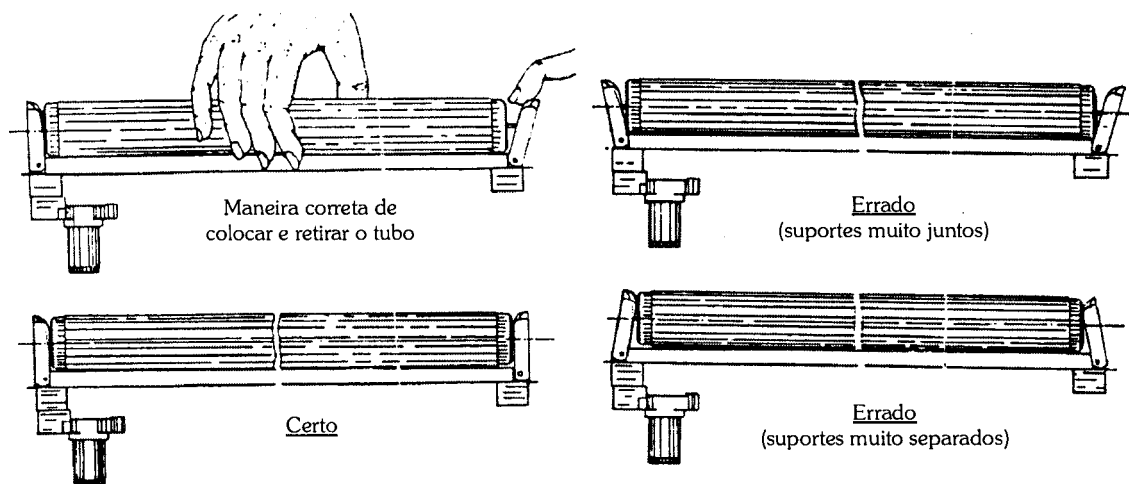


Figura 4.46

4.3.2.1.2. Lâmpadas Vapor de Sódio de Baixa Pressão

São lâmpadas que possuem um tubo de descarga, contendo **sódio** sob baixa pressão (alguns N/m^2) que evapora a $98^\circ C$ e uma mistura de **gases inertes (neônio e argônio)** a uma pressão de centenas de N/m^2 , para obter a tensão de ignição baixa.

"A **lâmpada de sódio de baixa pressão** é caracterizada por sua radiação monocromática, alta eficiência luminosa (**200 lm/W**) e longa vida". A utilização dessas lâmpadas é recomendada em locais onde a reprodução de cor não é importante, mas o reconhecimento por contrastes é importante, como, por exemplo, **auto-estradas, portos e pátios de manobras**. A **Philips** fabrica as lâmpadas **SOX** de baixa pressão nas potências de 18W a 180W.

Com a mesma quantidade de energia foi possível iluminar a auto-estrada de New York a Los Angeles com lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão SOX, aproximadamente 4.827 quilômetros.

Para obter o mesmo nível de luminosidade, podemos iluminar, com a mesma quantidade de energia, 60 quilômetros de estrada com lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão; 120 quilômetros, com lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão.



Figura 4.47 - Lâmpadas SOX. Cortesia: Philips.

Nota: Os exemplos citados são apenas ilustrativos. Para saber, com exatidão, a eficiência das lâmpadas a serem utilizadas, objetivando menor consumo de energia para maior eficiência luminosa, é necessário calcular ou fazer um projeto luminotécnico (veja o item 4.3.2.5.8 ou consulte livros específicos sobre luminotécnica).

4.3.2.1.3. Dados Técnicos das Lâmpadas de Baixa Pressão Philips

Tabela 4.6 - Lâmpadas Fluorescentes Compactas PL Eletronic.

Código Comercial	Potência (W)	Tensão (V)	Fluxo Luminoso (Lumens)	IRC	Comprimento Máximo (mm)	Eficiência (lm/W)
PL-ELET-9W-120V	9	127	400	82	134	44
PL-ELET-9W-230V	9	230	400	82	122	44
PL-ELET-11W-120V	11	127	600	82	150	55
PL-ELET-11W-230V	11	230	600	82	138	55
PL-ELET-15W-127V	15	127	900	82	170	60
PL-ELET-15W-230V	15	230	900	82	159	60
PL-E/C-15W-120V	15	127	900	82	121	60
PL-E/C-15W-230V	15	230	900	82	124	60
PL-ELET-20W-120V	20	127	1200	82	140	60
PL-ELET-20W-230V	20	230	1200	82	143	60
PL-ELET-23W-120V	23	127	1500	82	155	65
PL-ELET-23W-230V	23	230	1500	82	158	65

Base: E-27.

Tabela 4.7 - Lâmpadas Fluorescentes Compactas Não Integradas: PL-S.

Código Comercial	Potência (W)	Tensão (V)	Corrente (mA)	Fluxo Luminoso (lm)	Eficiência (lm/W)	IRC
PL-S-9W/27	9	60	170	570	66	82
PL-S-9W/84	9	60	170	570	66	80
PL-S-11W/27	11	89	160	880	75	82
PL-S-11W/84	11	89	160	880	75	80
PL-S-13W/27	13	59	280	810	62	82
PL-S-13W/84	13	59	280	810	62	80

Base: Bipino

Tabela 4.8 - Lâmpadas Fluorescentes Compactas Não Integradas: PL-T.

Código Comercial	Potência (W)	Tensão (V)	Corrente (mA)	Fluxo Luminoso (lm)	Eficiência (lm/W)	IRC
PL-T18W/82	18	100	225	1200	67	82
PL-T18W/84	18	100	225	1200	67	84
PL-T26W/82	26	105	325	1800	69	82
PL-T26W/84	26	105	325	1800	69	84

Base: Bipino

Tabela 4.9 - Lâmpadas Fluorescentes - TLT e TLD.

Código Comercial	Potência (W)	Tensão Média na Lâmpada (V)	Corrente Média na Lâmpada (mA)	Fluxo Luminoso* Médio (lm)	Eficiência (lm/W)	IRC
TLD 15/75	15	54	0,32	800	75 Extra Luz do dia	70
TLD 30/75	30	96	0,37	2.000	75 Extra Luz do dia	70
TLDRS 16/64	16	67	0,27	1.070	64 Branco Comfort	66
TLDRS 32/64	32	139	0,27	2.350	64 Branco Comfort	66
TLTRS 20/75	20	58	0,36	1.100	75 Extra Luz do dia	70
TLTRS 40/75	40	106	0,42	2.600	75 Extra Luz do dia	70
TLTRS 65/75	65	110	0,67	4.400	75 Extra Luz do dia	70
TLTRS 110/75	110	160	0,80	7.600	75 Extra Luz do dia	70

Base: TLTRS110/75 (R17D); as demais: Base (G13) - Bipino. *Após 100 horas de funcionamento.

Tabela 4.10 - Lâmpadas Fluorescentes TLT e TLD - Série 80.

Código Comercial	Potência (W)	Tensão Média na Lâmpada (V)	Corrente Média na Lâmpada (mA)	Fluxo Luminoso* Médio (lm)	IRC
TLDRS 16/84	16	64	0,26	1.200	85
TLDRS 32/84	32	139	0,26	2.700	85
TLDRS 16/85	16	64	0,26	1.150	85
TLDRS 32/85	32	139	0,26	2.600	85
TLTRS 20/84	20	57	0,37	1.350	85
TLTRS 40/84	40	106	0,42	3.250	85
TLTRS 20/85	57	57	0,37	1.300	85
TLTRS 40/85	106	106	0,42	3.150	85
TLTRS 110/84	110	160	0,80	9.500	85
TLTRS 110/85	110	160	0,80	9.500	85

Base: 110W DCE - Duplo Contato Embutido; outras: Bipino. * Após 100 horas de funcionamento.

4.3.2.2. Lâmpadas de Alta Pressão

4.3.2.2.1. Lâmpadas de Luz Mista

Combinam a eficiência das lâmpadas a vapor de mercúrio com as propriedades de cor das fontes de luz com filamento de tungstênio, com a vantagem de serem ligadas diretamente à rede, ou seja, dispensam o uso de equipamentos auxiliares (reatores e ignitores). Vida média = 6.000h.

Constituição

- **Base:** fixação da lâmpada com o receptáculo (soquete) e conexão com a rede elétrica. Base E-27 e E-40.
- **Resistor de partida:** possui valor relativamente alto (40 k Ω), cujas finalidades são: a) limitar, na partida, a corrente do arco inicial; b) criar um caminho de alta impedância para o arco principal.
- **Suporte:** suspender e manter fixos o tubo de arco e o filamento de tungstênio com relação ao eixo da lâmpada.

- **Filamento:** de tungstênio ligado em série com o tubo de descarga e atua como fonte de luz de cor quente e como limitador de corrente, substituindo o reator.
- **Tubo de descarga ou de arco:** em que se produzem a radiação visível e a radiação ultravioleta invisível, que é convertida em luz visível quando em contato com o revestimento interno do bulbo. Fabricado em **quartzo**, de paredes espessas para suportar as fortes pressões e temperaturas. O tubo é cheio de vapor de mercúrio e pequena quantidade de argônio sob pressão de 100 a 110 atmosferas.
- **Camada de pó fluorescente:** revestimento interno do bulbo por uma camada de **fosfato de ítrio vanadato** com o objetivo de filtrar os raios ultravioleta, formando a luz visível.
- **Bulbo externo** - de vidro duro (boro - silicato ou nonax), formato ovóide. É injetada uma mistura gasosa de argônio e nitrogênio, que mantém a temperatura constante.

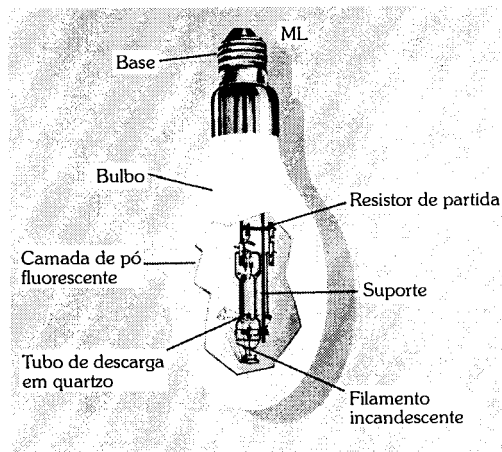


Figura 4.48 - Lâmpada de luz mista.
Cortesia: Philips.

Aplicações:

- vias públicas;
- jardins;
- praças;
- estacionamentos;
- comércio em geral.

Nota: As lâmpadas de luz mista são menos eficientes que as de vapor de mercúrio (menos da metade da eficiência) e não necessitam de reator.

4.3.2.2.2. Lâmpadas a Vapor de Mercúrio

De características semelhantes às lâmpadas de luz mista, as lâmpadas a vapor de mercúrio necessitam de reator, que vai atuar como limitador de corrente das lâmpadas. Vida média = 20.000 horas.

Constituição

- **Eletrodos principais:** especialmente ativados, feitos de tungstênio, sobre os quais é aplicada uma tensão que emite elétrons. Esses elétrons, ao chocarem-se com os átomos de vapor de mercúrio em suspensão dentro do tubo de descarga, produzem um desequilíbrio na composição desses átomos. Como a tendência dos elétrons é voltar para suas órbitas originais, ocorre a liberação de energia ultravioleta invisível, que é convertida em luz visível pelo pó do revestimento interno do bulbo.
- **Eletrodo auxiliar:** feito com fio de tungstênio, destinado a dar a partida do arco no tubo. É ligado em série com o resistor de partida. Existem lâmpadas com um ou dois eletrodos auxiliares.
- **Mola de sustentação:** de aço, cuja finalidade é impedir vibrações do tubo de arco.

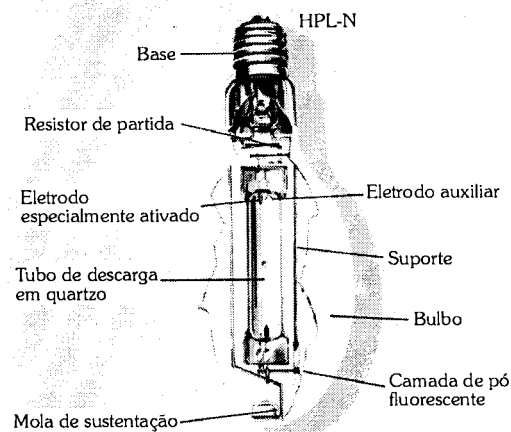


Figura 4.49 - Lâmpada de luz mista.
Cortesia: Philips.

Os demais componentes possuem as mesmas características das lâmpadas de luz mista.

Aplicações

- iluminação de vias públicas;
- praças e jardins;
- fábricas;
- parques;
- estacionamentos.

4.3.2.2.3. Lâmpadas Multivapor Metálico

Elas apresentam alta eficiência e alto índice de reprodução de cores. É o que oferecem as lâmpadas HPI/BU (ovóide) e HPI/T (tubulares) da Philips.

Dentro do tubo de descarga, de quartzo, existe uma combinação de aditivos de **haleto metálico** - como **iodeto de índio, tálio e sódio** - na descarga de mercúrio.

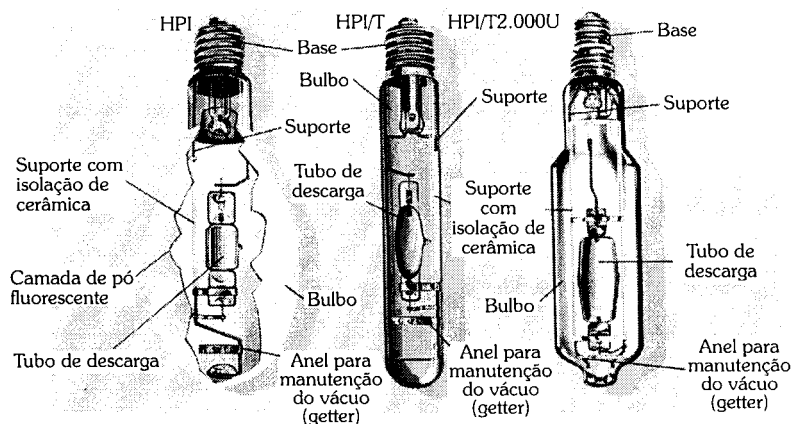


Figura 4.50 - Lâmpadas multivapor metálico.
Cortesia: Philips.

Aplicações

HPI/BU

- iluminação interna comercial e industrial;
- iluminação pública;
- crescimento de plantas;
- iluminação em hangares;
- parques de exposições;
- postos de gasolina, etc.;

HPI/T

- iluminação esportiva;
- grandes estádios;
- iluminações de monumentos;
- em horticultura;
- em outdoor;
- em hangares;
- parques de exposições;
- industriais;
- televisionamento em cores ou filmagens de cinema.

Instalação: requerem um reator e um ignitor, os quais influenciam na sua performance. As HPI/BU e HPI/T utilizam o mesmo reator das lâmpadas a vapor de mercúrio.

4.3.2.2.4. Lâmpadas a Vapor Metálico MHN-TD e Multivapor Metálico MHW-TD

Possuem duplo contato. Internamente possuem um tubo de descarga de quartzo e um bulbo externo também de quartzo. Vida média = 6.000 horas.

Descrição

O **tubo de descarga** é preenchido com mercúrio de alta pressão e uma mistura de vapores (argônio e neônio) com a adição de sódio e tálio para correção de cor e estabilização do arco. O índice de reprodução de cor é alto e a eficiência luminosa é muito boa.

Por ter um formato tubular e pequeno, é possível sua utilização em pequenas luminárias.

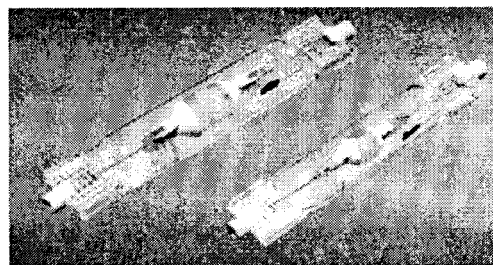


Figura 4.51 - Lâmpadas MHN-TD.
Cortesia: Philips.

São lâmpadas equivalentes às halógenas palito (HA-300W e HA-500W) com vantagens:

- As lâmpadas MHN-TD apresentam um ganho de fluxo luminoso de 7,8% e 18,4%, e a MHW-TD, de 13,7% e 28,3%.
- Possuem vida útil três vezes maior com economia de 70% de energia.
- Redução de calor gerado no ambiente.

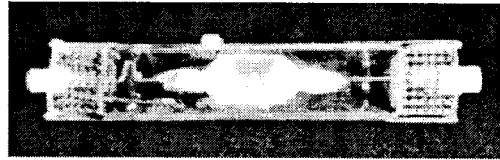


Figura 4.52 - Lâmpada MHW-TD.
Cortesia: Philips.

Atenção: Essas lâmpadas devem ser utilizadas apenas em luminárias fechadas, pois emitem uma quantidade considerável de radiação ultravioleta (UV). Medidas protetoras devem ser tomadas com a luminária: o vidro frontal deve absorver a radiação e também prevenir danos, como consequência de uma possível quebra do tubo de descarga ou mesmo do bulbo. (Fonte: Catálogo Philips.)

Aplicações

- iluminação de interiores;
- em exteriores, podem ser utilizadas:
 - para iluminar estátuas;
 - pequenos monumentos e fachadas;
 - outdoors.

Instalação: utilizam o mesmo reator e ignitor das lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão (SON 70W e SON 150W respectivamente).

4.3.2.2.5. Lâmpadas a Vapor de Sódio

Sua principal característica é a grande eficiência luminosa, muito superior a qualquer outro tipo de fonte de luz policromática para uso generalizado. A aparência de cor desse tipo de lâmpada é branco - amarelado, agradável, possui longa vida média, desde que o acendimento seja prolongado ou contínuo.

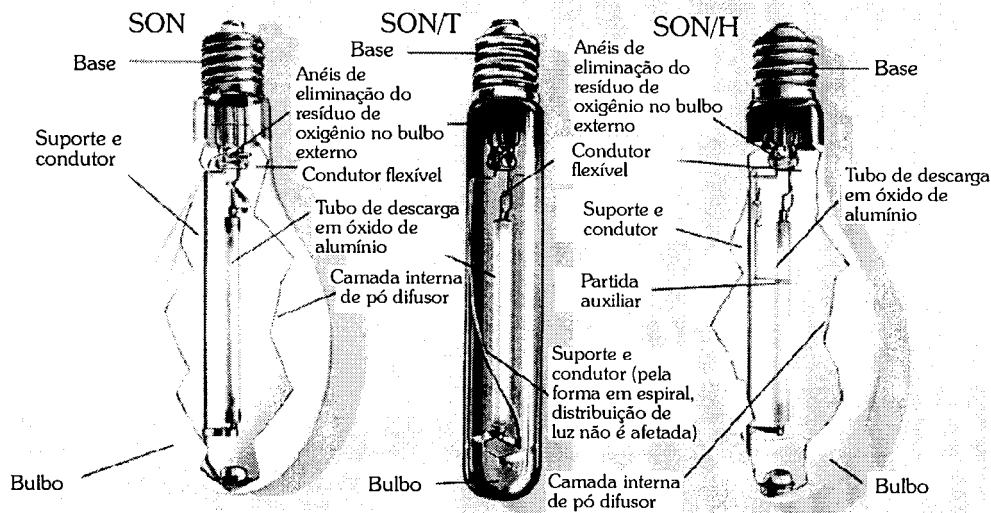


Figura 4.53 - Lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão e componentes. Cortesia: Philips.

Tabela 4.11 - Constituição.

Componentes	Tipo de Lâmpada		
	SON	SON-H	SON-T
Tubo de descarga	Óxido de alumínio sinterizado	Óxido de alumínio sinterizado.	Óxido de alumínio policristalina.
Bulbo	Ovóide. Vidro mole.	Ovóide. Vidro duro.	Tubular. Vidro duro.
Preenchimento do tubo de descarga	Composto de sódio - mercúrio.	Composto de sódio - mercúrio.	Composto de sódio - mercúrio.
Gás de partida	Xenônio.	Neônio e argônio.	Xenônio.
Revestimento interno	Revestido eletrostaticamente por uma camada uniforme de pó difusor (pirofosfato de cálcio).	Revestido eletrostaticamente por uma camada uniforme de pó difusor (pirofosfato de cálcio).	Sem revestimento.

Tabela 4.12 - Aplicações.

Componentes	Tipo de Lâmpada		
	SON	SON-H	SON-T
Iluminação pública	X	X	X
Aeroportos	X		X
Áreas industriais	X	X	X
Pátios de carga e de manobra	X		
Praças		X	
Galpões		X	
Parques		X	
Estacionamento		X	X
Áreas esportivas		X	X
Iluminação de destaque			X

Instalação

1. As lâmpadas **SON** exigem reator e ignitor.
2. As lâmpadas **SON-H**:
 - Requerem os mesmos reatores usados nas lâmpadas a vapor de mercúrio de potência equivalente (por exemplo: **SON-H 350W** equivale a **HPL-N 400W**);
 - Não devem ser usadas em circuitos capacitivos;
 - Quando o circuito for **220V fase/neutro**, a **fase** deve ser conectada no **contato central** e o **neutro** no **contato lateral** do receptáculo;
 - É necessário evitar o sobreaquecimento do reator. Quando utilizada com **reator de baixo fator de potência**, a correção deve ser feita com um capacitor, instalado em paralelo, na entrada do reator.
3. As lâmpadas **SON-T**:
 - Exigem reator e ignitor;
 - Devem ser respeitados os subitens "b" e "c" do item anterior;
 - As lâmpadas **SON-T** devem ser usadas em luminárias que não causem um excessivo aumento da tensão de arco da lâmpada. Recomenda-se não ultrapassar os valores indicados.

4.3.2.2.6. Lâmpadas Mastercolor/Multivapor Metálico

As lâmpadas **mastercolor** representam um novo conceito em iluminação **multivapor metálico**, destinadas a ambientes onde se queira mais destaque para todas as cores, criar realces e uma grande variedade de efeitos. As lâmpadas mastercolor são fabricadas em dois modelos: **CDM-R e CDM-T**. Vida média = 8.000 horas.

Aplicações

- Iluminação decorativa e de destaque; muito usadas em lojas e vitrines (CDM-R/CDM-T);
- Iluminação geral em downlighters; para criar atmosferas agradáveis (CDM-R/CDM-T);

- Iluminação externa decorativa; fachadas, estátuas e monumentos de pequeno porte (CDM-R);
- Iluminação de outdoor (CDM-R).

Instalação: devem ser instaladas com os mesmos equipamentos auxiliares de partida da lâmpada a vapor de sódio de alta pressão (reator e ignitor), ou com reator eletrônico EMC da PHILIPS.

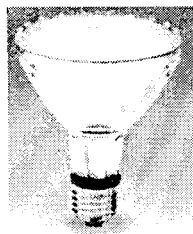


Figura 4.54 - Lâmpada mastercolor/multivapor metálico CDM R. Cortesia: Philips.

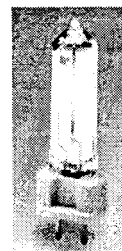


Figura 4.55 - Lâmpada mastercolor/multivapor metálico CDM-T. Cortesia: Philips.

4.3.2.2.7. Dados Técnicos das Lâmpadas de Alta Pressão

Tabela 4.13 - Lâmpadas de Luz Mista - ML.

Código Comercial	Tensão (V)	Tensão Mínima da Rede para Ignição ¹ (20°C) (V)	Tensão Mínima da Rede para Operação Estável (20°C) (V)	Tensão Média na Lâmpada ² (V)	Corrente Média na Lâmpada ² (A)	Fluxo Luminoso (lm)
ML 160W-a	220/230	180	198	225	0,76	3.150
ML 250W-b	220/230	180	198	225	1,20	5.500
ML 250W-c	220/230	180	198	225	1,20	5.500
ML 500W-d	220/230	180	198	225	2,32	13.500

1- A zero hora; 2- Após 100 horas de funcionamento; Bases: a e b - E27/27, c e d - E40/45; IRC (aprox. 60).

Tabela 4.14 - Lâmpadas a Vapor de Mercúrio HPL-N.

Código Comercial (HPL-N)	Tensão (V)	Tensão Mínima da Rede para Ignição ¹ (20°C) (V)	Tensão Mínima da Rede para Operação Estável (20°C) (V)	Tensão Média na Lâmpada ² (V)	Corrente Média na Lâmpada ² (A)	Fluxo Luminoso (lm)
80W-a	220	180	198	115	0,80	3.600
125W-b	220	180	198	125	1,15	6.200
250W-c	220	180	198	135	2,10	12.700
400W-d	220	180	198	140	3,25	22.000

1- A zero hora; 2- Após 100 horas de funcionamento; Bases: a e b - E27/27, c e d - E40/45; IRC = 45.

Tabela 4.15 - Lâmpadas Multivapor Metálico.

Código Comercial	Tensão (V)	Potência Média da Lâmpada (W)	Tensão Média da Lâmpada (V)	Corrente Média na Lâmpada (A)	Corrente Máxima de Acendimento (A)	Fluxo Luminoso (lm)
(HPI-BU)						
250 W	220	256	128	2,2	3,9	17.000
400 W	220	400	125	3,4	6,0	30.600
(HPI-T)						
250W	220	245	128	2,15	3,9	17.000
400W	220	390	125	3,40	6,0	30.500
1000W	220	965	130	8,25	14,2	81.000
2000W U/220V	220	1960	130	16,5	28,4	189.000
2000W H/380V	380	1900	240	8,6	15,3	183.000

* Todos os valores após 100 horas acesa; Tensão mínima de funcionamento: 198 V; Base: E40 (2000W - E40/80x50). IRC (HPI-BU= 69; HPI-T=65).

Tabela 4.16 - Lâmpada a Vapor Metálico MHN - TD.

Código Comercial	Tensão da Lâmpada (V)	Tensão Mínima da Rede para Ignição ¹ (20°C) (V)	Fluxo Luminoso (lm)	Eficiência Luminosa (lm/W)	IRC
MHN-TD 70W	90 + 10	198	5.500	78	80
MHN-TD 150W	90 + 10	198	12.000	80	85

Tempo de acendimento: 15 s; período de reignição: 7 min., dependendo da temperatura ambiente, máximo de 15 min.; possibilidade de reignição imediata através de ignitores especiais, gerando: 25kV para MHN-TD70W e 35kV para MHN-TD 150W; Base: RX7S.

Tabela 4.17 - Lâmpada Multivapor Metálico MHW - TD.

Código Comercial	Potência Nominal da Lâmpada (W)	Corrente Máxima de Acendimento (A)	Tensão Média da Lâmpada (V)	Corrente Nominal da Lâmpada (A)	Fluxo Luminoso (lm)
MHN-TD 70W	75	1,4	90	1,0	5.800
MHN-TD 150W	150	2,4	96	1,8	13.000

Tensão máxima de acendimento: 198 V; Base: 70W (Rx7s) e 150W (Rx7s-24).

Tabela 4.18 - Lâmpadas a Vapor de Sódio.

Código Comercial	Tensão (V)	Tensão Mínima da Rede para Ignição ¹ (20°C) (V)	Tensão Mínima da Rede para Operação Estável (20°C) (V)	Tensão Média da Lâmpada ² (V)	Corrente Média na Lâmpada ² (A)	Fluxo Luminoso (lm)
(SON)						
70 W*	220	198	198	90	0,98	5.600
150 W	220	198	198	100	1,80	14.500
250 W	220	198	198	100	3,00	26.500
400 W	220	198	198	105	4,45	49.000
(SON-H)						
220 W	220	190	200	104	2,50	18.000
350 W	220	190	200	117	3,60	34.000
(SON-T)						
250 W	220	170	198	100	3,00	27.500
400 W	220	170	198	100	4,60	48.000
1000 W	220	170	198	105	10,60	125.000

IRC - 23; Tempo de reignição (SON-H): 3 min.; Base: *E27/27, as demais E40.

4.3.2.2.8. Posição de Funcionamento

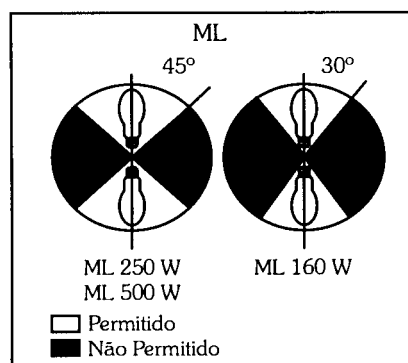


Figura 4.56

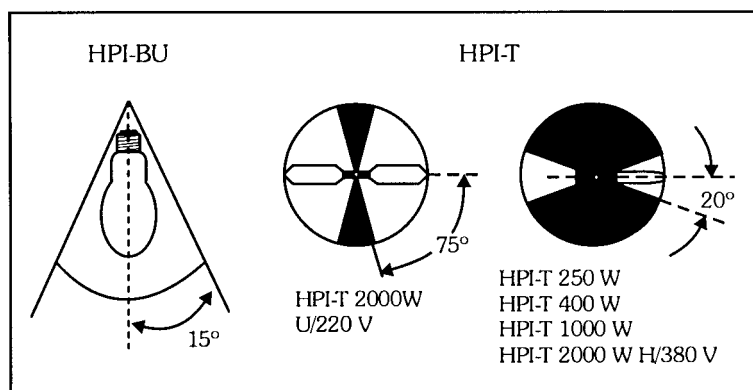


Figura 4.57

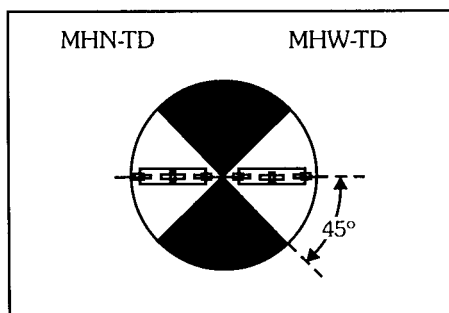


Figura 4.58

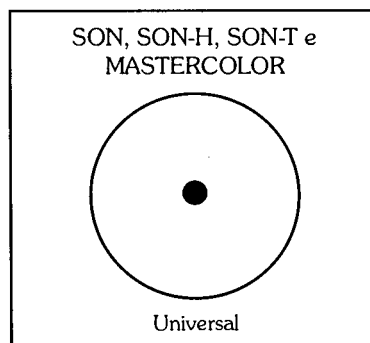


Figura 4.59

4.3.2.3. Lâmpadas de Indução (QL)

Características

- Potências: 55 W e 85 W.
- Eficiência luminosa: 67 e 70 lm/W.
- Vida da lâmpada: 60.000 horas.
- Fluxo luminoso: 3.700 lm e 6.000 lm.
- Tensão: 200/240 V.
- A lâmpada não possui partes que se desgastam, por isso uma vida tão longa. Após 60.000 horas, há uma saturação do pó que reveste internamente o bulbo, reduzindo em 20% o fluxo luminoso, que tecnicamente caracteriza fim de vida.
- Tecnicamente, é constituída por uma antena especial (espiral de indução) que fica dentro do bulbo e externamente, um circuito eletrônico integrado, de alta frequência de 2,65 MHz.
- A alta frequência ativa as moléculas de gás dentro do tubo, fazendo com que haja a emissão de radiação ultravioleta (UV) que é convertida pelo pó que recobre o bulbo, em luz visível.
- Algumas cidades da Europa já têm iluminação pública com lâmpadas e luminárias específicas para **QL**: Copenhague (Dinamarca), Genebra, Londres, Eindhoven (Holanda), Paris, inclusive um banco na Inglaterra.

Aplicações

- Grandes áreas comerciais;
- Estações de metrô;
- Aeroportos;
- Iluminação pública; etc.

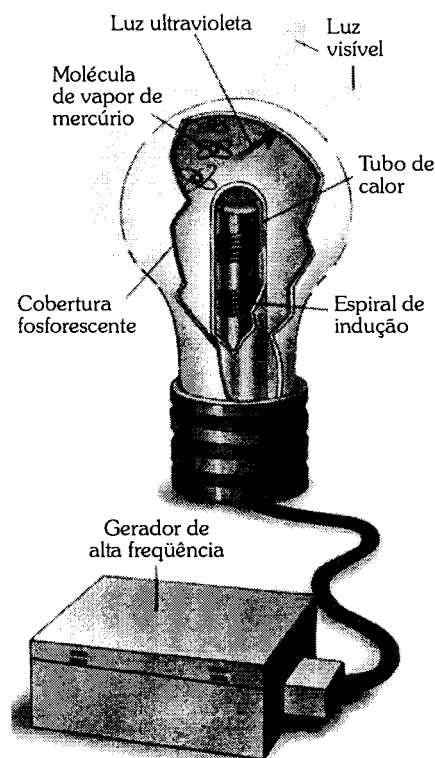


Figura 4.60 - Lâmpadas de indução (QL).
Cortesia: Philips.
(Extraída da revista Globo Ciência - nov/91).

4.3.2.4. Vida das Lâmpadas

A vida das lâmpadas, principalmente as de alta e baixa pressão, é influenciada pela função das condições de operação, e será maior se ficar acesa por um período de tempo prolongado. A vida da lâmpada é afetada por outras condições de funcionamento, tais como: temperatura ambiente muito alta, variações de tensão na linha e a qualidade dos equipamentos auxiliares (reator, ignitor, etc.).

4.3.2.5. Acessórios para Lâmpadas

4.3.2.5.1. Receptáculos ou Soquetes

São dispositivos que servem para fixação das lâmpadas por suas bases, permitindo a sua alimentação e facilitando a sua substituição.

São também conhecidos como suportes para lâmpadas ou porta-lâmpadas.

Existem, no comércio, vários tipos, os quais podem ser utilizados de acordo com a situação da instalação e o tipo da lâmpada.

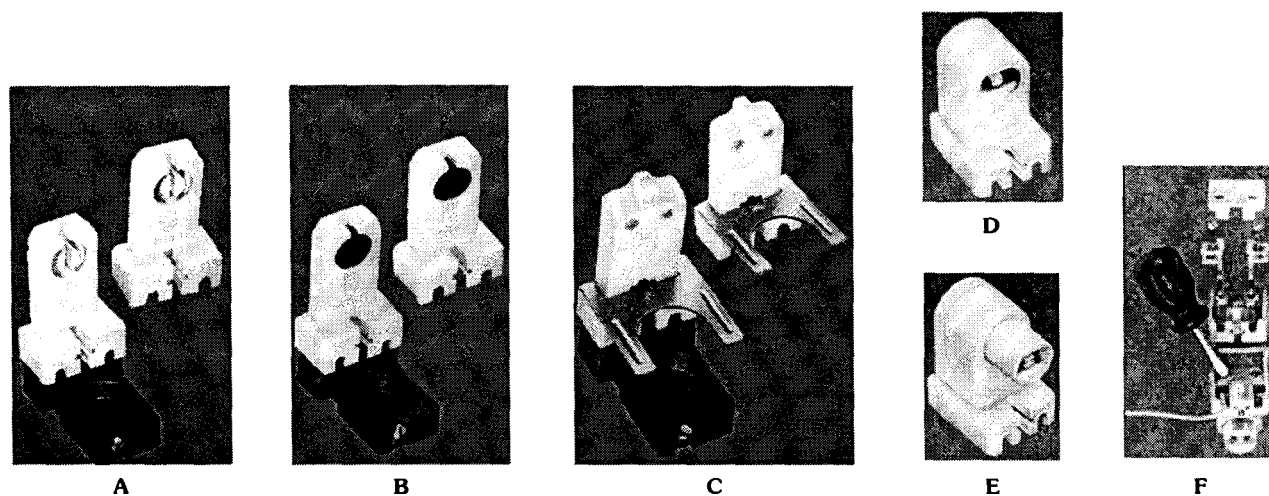


Figura 4.61 - Soquetes para lâmpadas fluorescentes: A - Jogo de soquetes convencionais com base de starter; B - Soquetes com núcleo rotativo com e sem base de starter; C - Soquetes antivibratórios com placa de pressão e fixação; D/E - Soquete gigante fixo e móvel para lâmpadas fluorescentes (Power Groove, HO e Duplo Flux); F - Detalhe para instalação do soquete para lâmpadas fluorescentes "Power Groove", HO e Duplo Fluxo. Cortesia: INGEMAG.

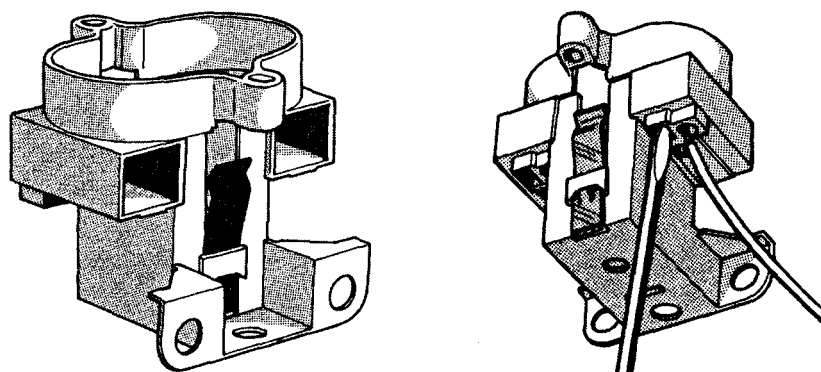


Figura 4.62 - Receptáculo ou soquete para lâmpadas fluorescentes compactas (PL ou DULUX). Para instalar o condutor, basta inseri-lo no contato, não necessitando ferramentas. Para retirá-lo, solte a trava com auxílio de uma chave de fenda. Cortesia: Lorenzetti.

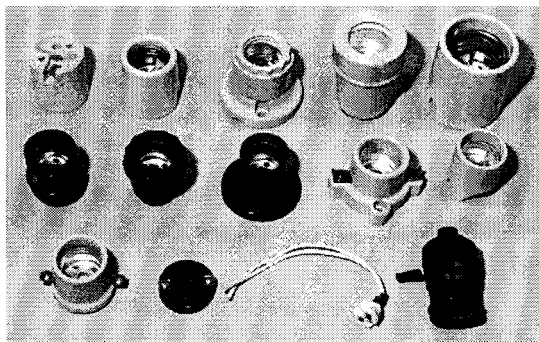


Figura 4.63 - Vários tipos de receptáculo ou soquete para bases E-27 e E-40.

Precauções

O IDEC recomenda ao usuário que no ato de adquirir um receptáculo ou soquete observe os seguintes detalhes:

- O produto tem o nome do fabricante?
- O material de contato não é ferroso? (para conferir, basta usar um ímã: se ele for atraído pelo soquete, desista)
- As conexões para fixação dos fios são firmes?
- Os parafusos que prendem os fios são largos o suficiente para que o fio não escape?
- Se for do tipo que se prende à parede ou "plafonier", o soquete tem dois pontos de fixação (para parafusá-lo ao apoio)?
- Se for do tipo pendente, os fios são presos também pelo isolante, e não apenas pelo condutor?
- Depois de instalado, as partes energizadas ficam protegidas de um contato acidental?

4.3.2.5.2. Plafoniers

São dispositivos destinados a suportar os receptáculos ou soquetes para lâmpadas incandescentes ou fluo-rescentes compactas, os globos (PVC ou vidro) e dar condições de fixação de todo o conjunto ao teto ou parede.

Suas dimensões variam de acordo com o tamanho do globo que devam suportar. Sua boca pode ser de 3", 4" ou 6". Os mais utilizados são os de 4" (100 mm de diâmetro).

Os plafoniers podem ser de alumínio (polido natural ou anodizado em várias cores), de ferro oxidado ou PVC.

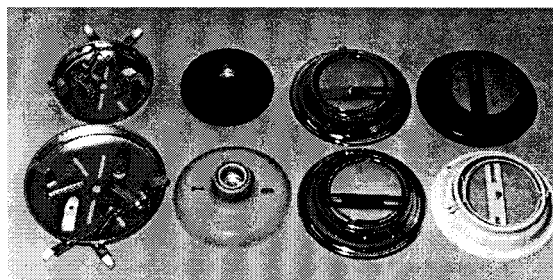


Figura 4.64 - Tipos de plafoniers.

4.3.2.5.3. Luminárias

São aparelhos destinados a distribuir, filtrar e controlar a luz gerada por uma ou mais lâmpadas, que contenham todos os equipamentos e acessórios necessários para fixar, proteger e alimentar essas lâmpadas.

Existem luminárias para diversas finalidades e destinadas às lâmpadas incandescentes, fluorescentes, vapor de mercúrio, vapor de sódio, etc.

Devido à extensa variedade de tipos de luminária, potências e número de lâmpadas e também aos modos de instalação, principalmente pela forma de controle da luz, torna-se problemática a classificação das luminárias.

Para fins didáticos, apresentamos a classificação feita pela CIE (Comissão Internationale L'Eclairé) baseada na porcentagem do fluxo luminoso total dirigido para cima ou para baixo de um plano horizontal.

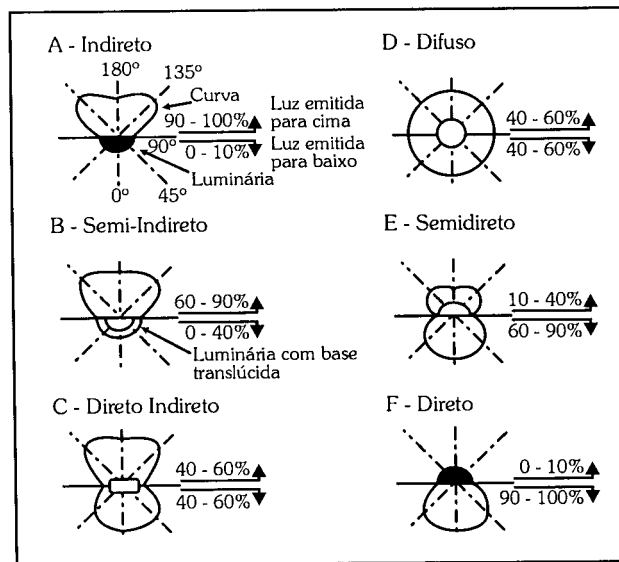


Figura 4.65 - Classificação das luminárias conforme CIE.

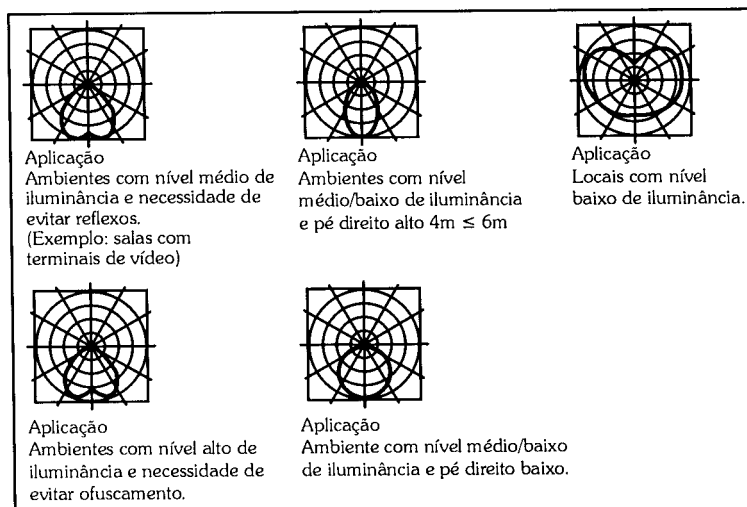


Figura 4.66 - Exemplo de curvas de distribuição luminosa.

Tipos de Luminária

Devido à grande diversidade, conforme já foi dito anteriormente, apresentamos apenas alguns tipos de luminária.

- Para iluminação comercial
- Para iluminação decorativa
- Para iluminação "downlight"

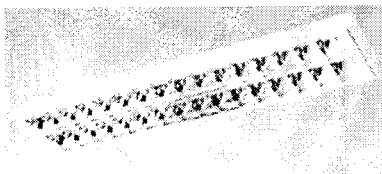


Figura 4.67 - Luminária TCS 100 de sobrepor, para lâmpadas 2x32 W, para áreas informatizadas.

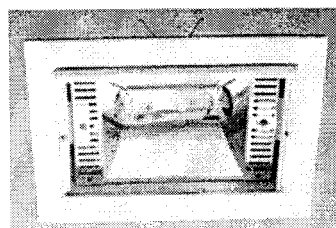


Figura 4.68 - Luminária MBF100 de embutir, fechada, para lâmpadas MHN-TD ou MHW-TD 70W ou 150 W.

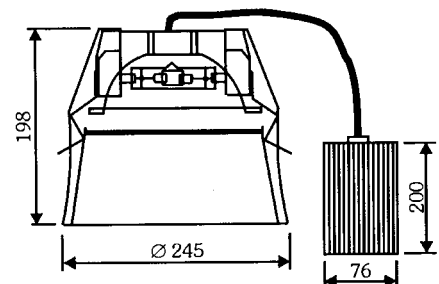


Figura 4.69 - Detalhe da luminária 92002.

Medidas em mm

- Para iluminação industrial
- Para iluminação de áreas externas / esportivas
- Para iluminação pública

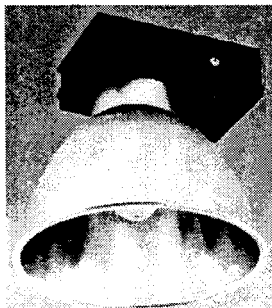


Figura 4.70 - Luminária HDK 472-HPL-N 250 W ou 400 W; SDK 472-HPI-BU 250W ou 400 W.

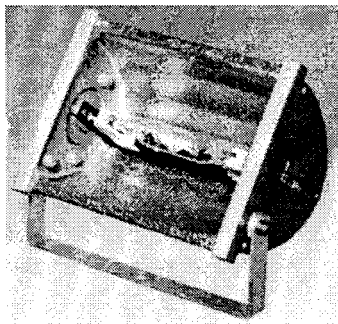


Figura 4.71 - Projetor para iluminação interna e externa para lâmpadas HPL-N: 250 W ou 400 W, SON: 150 W e SON/T: 250 W ou 400 W HPI-T: 250 W ou 400 W.

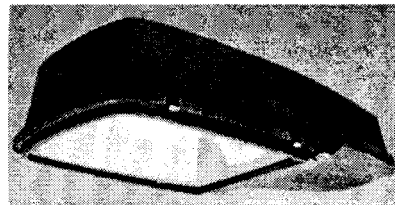


Figura 4.72 - Luminária fechada HRC/SRC 612. HRC612: própria para HPL-N 250 W ou 400 W ou SON 250 W ou 400 W. SRC612: própria para HPI/T.

Nota: Os dados técnicos fornecidos são superficiais. Para obter informações mais detalhadas, consultar o Catálogo Geral de iluminação Philips.

4.3.2.5.4. Reatores

São equipamentos auxiliares e necessários ao funcionamento das lâmpadas de descarga (exceto de luz mista) com a finalidade de proporcionar as condições de partida (ignição) e de maneira a **controlar** ou **estabilizar a corrente do circuito**.

Além de proporcionar boa estabilização à corrente da lâmpada, o reator deve ter:

- Um fator de potência (FP ou $\cos \varphi$) elevado, proporcionando o uso econômico no sistema de suprimento;
- Harmônicas na corrente com percentagens reduzidas;
- Alta impedância para audiofrequência;
- Que não apresente radiointerferência, causada pelas lâmpadas;
- Condições ideais de partida (ignição) da lâmpada;
- Pequenas dimensões, vida longa, baixo nível de ruído e perdas reduzidas.

O reator é uma indutância ligada em série com a lâmpada. Apresenta baixo fator de potência (FP ou $\cos \varphi$), mais ou menos 0,5 atrasado. O aumento do fator de potência para 0,85 ou mais pode ser conseguido conectando um capacitor em paralelo com a ligação CA.

Nota: Os reatores, tanto para circuitos convencionais como de partida rápida, podem ser simples ou duplos, ou seja, para uma ou duas lâmpadas.

Tipos de Reator

Os reatores são fabricados em dois tipos quanto ao seu funcionamento.

Reatores Eletromagnéticos

Os reatores eletromagnéticos podem ser:

- **Para lâmpadas de baixa pressão:** lâmpadas fluorescentes (circuitos convencionais e circuitos partida rápida).

- **Reatores para circuitos convencionais:** os componentes para circuitos convencionais são: reator, "starter", receptáculo para o "starter", lâmpada e receptáculo ou soquete para lâmpada.
- **Reatores para circuitos de partida rápida:** possuem enrolamentos separados para aquecerem os eletrodos da lâmpada continuamente.

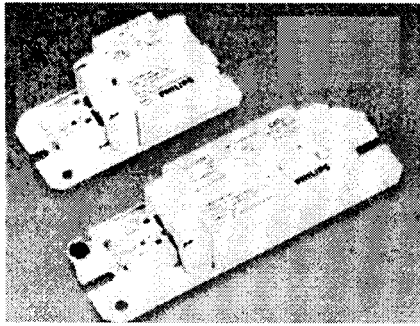


Figura 4.73 - Reatores eletromagnéticos para lâmpadas fluorescentes, modelo europeu da Philips.

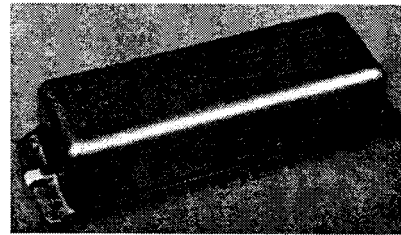


Figura 4.74 - Reatores eletromagnéticos para lâmpadas fluorescentes, série ouro plus da Philips.

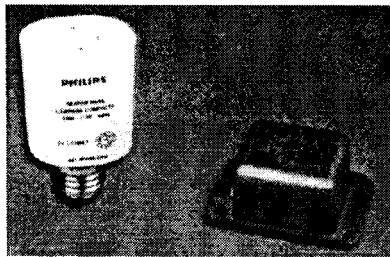


Figura 4.75 - Reatores para fluorescentes compactas. Cortesia: Philips.

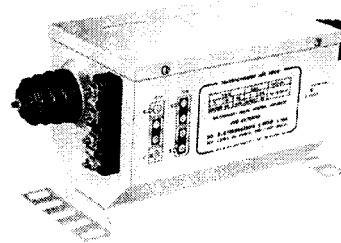


Figura 4.76 - Transformador para luminosos de néon e argon, uso externo em regime contínuo. Bivolt: 115-127 / 220-230 V, 50 ou 60 Hz. 2000 a 15000 volts. 30 a 80 mA. Cortesia: LINSÁ.

- **Para lâmpadas de alta pressão:** lâmpadas a vapor de mercúrio, vapor de sódio e vapor metálico.

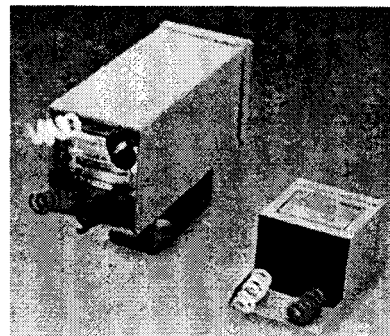


Figura 4.77 - Reator para lâmpadas de descarga de alta pressão. Cortesia: Philips.

Reatores Eletrônicos

Devido às características dos componentes semicondutores atuais serem extremamente confiáveis, vem surgindo uma nova opção na instalação de lâmpadas fluorescentes, que é o **reator eletrônico**. Mais leves, dimensões reduzidas, longa vida e os reatores mais sofisticados podem ser desligados automaticamente, em cinco segundos, no caso de falha das lâmpadas. O fluxo luminoso pode ser regulado de 10% a 100% em relação ao fluxo máximo da lâmpada por controle manual (potenciômetros ou controle remoto) ou automático (sensor de luz).

Os reatores eletrônicos possibilitam uma economia de 60% de energia com a utilização de controladores eletrônicos de iluminação. Devido à sua alta frequência, apresentam uma partida ou ignição com pré-aquecimento dos eletrodos das lâmpadas de forma mais eficiente, aumentando a vida média em até 50%, quando comparados aos reatores eletromagnéticos.

Quanto ao seu funcionamento, pode ser para partida rápida ou ultra-rápida.

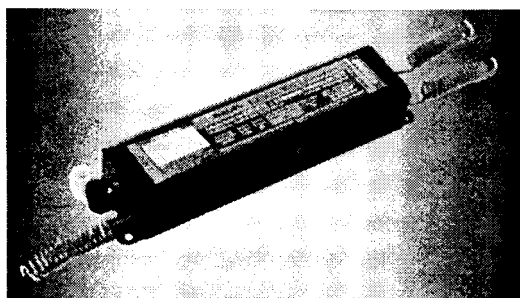


Figura 4.78 - Reator eletrônico de alta frequência para lâmpadas TLD 32 W e HO 110 W. Cortesia: Philips.



Figura 4.79 - Reator eletrônico de alta frequência dimerizável. Cortesia: Philips.



Figura 4.80 - Reator eletrônico de alta frequência. Cortesia: Philips.

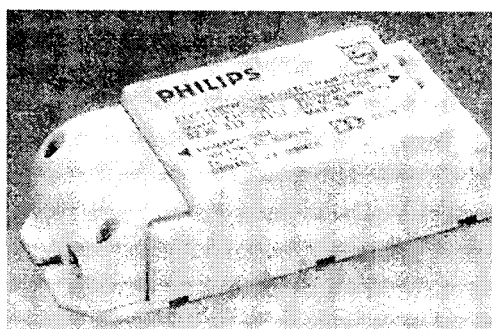


Figura 4.81 - Transformador eletrônico para lâmpadas halógenas. Cortesia: Philips.

Atenção: Ao efetuar as ligações, observar sempre o esquema que vem gravado na carcaça ou na placa do reator.

Dados Técnicos dos Reatores

Tabela 4.19 - Reatores para lâmpadas fluorescentes série ouro plus.

Código Comercial	Reator	Partida	Lâmpada (qtd. x W)	Rede Tensão (V)	Corrente de Linha (A)	Fator de Potência (Médio)	Perdas (Médias) W	Capacitor* μ F	Esquema de Ligação	Starter
RSR16B126	Simples	Rápida	1x16	127	0,68	0,37	15,0	12,0	4	**
RSR16B26	Simples	Rápida	1x16	220	0,40	0,37	16,0	5,0	4	**
RSR32B126	Simples	Rápida	1x32	127	0,71	0,53	13,5	10,0	4	**
RSR32B26	Simples	Rápida	1x32	220	0,46	0,47	15,0	4,0	4	**
RDR16A126	Duplo	Rápida	2x16	127	0,41	>0,92	15,0	-	6	**
RDR16A26	Duplo	Rápida	2x16	220	0,23	>0,92	15,0	-	6	**
RDR32A126	Duplo	Rápida	2x32	127	0,67	>0,92	15,0	-	6	**
RDR32A26	Duplo	Rápida	2x32	220	0,38	>0,92	15,0	-	6	**
RSC20B126	Simples	Convenc.	1x20	127	0,38	0,56	7,0	5,0	3	S-2
RSC20B26	Simples	Convenc.	1x20	220	0,38	0,37	10,0	3,5	3	S-2
RSC40B126	Simples	Convenc.	1x40	127	0,90	0,47	15,0	15,0	3	S-10
RSC40B26	Simples	Convenc.	1x40	220	0,43	0,53	10,0	4,0	3	S-10

Código Comercial	Reator	Partida	Lâmpada (qtd. x W)	Rede Tensão (V)	Corrente de Linha (A)	Fator de Potência (Médio)	Perdas (Médias) W	Capacitor* μ F	Esquema de Ligação	Starter
RSC65B26	Simple	Convenc.	1x65	220	0,67	0,50	10,0	5,5	3	S-10
RSR20B126	Simple	Rápida	1x20	127	0,67	0,38	12,0	15,0	4	**
RSR20B26	Simple	Rápida	1x20	220	0,45	0,38	17,0	5,0	4	**
RSR40B126	Simple	Rápida	1x40	127	0,90	0,49	15,0	16,0	4	**
RSR40B26	Simple	Rápida	1x40	220	0,56	0,46	19,0	5,0	4	**
RSR110A26	Simple	Rápida	1x110	220	0,61	>0,92	15,0	-	4	**
RDR20A126	Duplo	Rápida	2x20	127	0,45	>0,92	15,0	-	6	**
RDR20A26	Duplo	Rápida	2x20	220	0,28	>0,92	15,0	-	6	**
RDR40A126	Duplo	Rápida	2x40	127	0,85	>0,92	20,0	-	6	**
RDR40A26	Duplo	Rápida	2x40	220	0,49	>0,92	20,0	-	6	**
RDR110A26	Duplo	Rápida	2x110	220	1,25	>0,92	32,0	-	6	**
RDC65A26	Duplo	Convenc.	2x65	220	0,72	>0,92	20,0	-	1	S-10

* Frequência para todos os modelos: 60 Hz.

Tabela 4.20 - Reatores vapor de mercúrio.

Código Comercial	Lâmpadas e Potências	Ignitor	Corrente da Rede (A)	Fator de Potência	Perdas (W) ³	Correção Individual do Fator de Potência ²			Esquema / Circuito de Ligação
						Capacitor		Corrente Corrigida (A)	
						(μ F) (I)	(V)		
RVM80A26	HPL-N 80W	-	0,45	0,90	10,0	-	-	-	1
RVM80B26	HPL-N 80W	-	0,80	0,50	10,0	7,0	250	0,45	2
RVM125A26	HPL-N 125W	-	0,68	0,90	15,0	-	-	-	1
RVM125B26	HPL-N 125W	-	1,15	0,56	15,0	9,0	250	0,68	2
RVM250A26	HPL-N 250W	-	1,35	0,90	24,0	-	-	-	1
RVM250B26	HPL-N 250W	-	2,15	0,57	24,0	15,0	250	1,35	2
RVM400A26	HPL-N 400W	-	2,15	0,85	26,0	-	-	-	1
RVM400B26	HPL-N 400W	-	3,25	0,62	26,0	20,0	250	2,15	2
RVM700B26	HPL-N 700W	-	5,4	0,67	37,0	30,0	250	3,60	2
RVM1000B26	HPL-N 1000W	-	8,25	0,57	48,0	60,0	250	5,30	2

* Rede para todos os modelos: 220 V.

Tabela 4.21 - Reatores vapor metálico.

Código Comercial	Lâmpadas e Potências	Ignitor	Corrente da Rede (A)	Fator de Potência	Perdas (W) ³	Correção Individual do Fator de Potência ²			Esquema / Circuito de Ligação
						Capacitor		Corrente Corrigida (A)	
						(μ F) (I)	(V)		
RVS/METALIC 35B26**	CDM-T/CDM-R 35W	Z-35	0,53	0,41	7,0	5,0	250	0,23	12
RVS70A26	MHN/MHN-TD 70W CDM-T 70W	S-50	0,43	0,88	15,0	-	-	-	13
RVS70A26-IG*	MHN/MHN-TD 70W CDM-T 70W	-	0,43	0,88	15,0	-	-	-	2
RVS70B26	MHN/MHN-TD 70W CDM-T 70W	S-50	0,94	0,41	15,0	10,0	250	0,42	14
RVS150B26	MHN/MHN-TD 150 W	S-50	1,80	0,45	22,0	18,0	250	0,87	11
RVS150B26-UI	MHN/MHN-TD 150 W	S-50	1,80	0,45	22,0	18,0	250	0,87	14
RVM250B26	HPI/T 250 W HPI 250 W BU	S-51	2,30	0,54	25,0	16,0	250	1,35	6
RVM400A26-IG*	HPI/T 400 W HPI 400 W BU	-	2,20	0,85	29,0	-	-	-	1

Código Comercial	Lâmpadas e Potências	Ignitor	Corrente da Rede (A)	Fator de Potência	Perdas (W) ³	Correção Individual do Fator de Potência ²			Esquema / Circuito de Ligação
						Capacitor		Corrente Corrigida (A)	
						(μF) (I)	(V)		
RVM400A26	HPI/T 400 W HPI 400 W BU	S-51	2,25	0,85	29,0	-	-	-	5
RVM400B26	HPI/T 400 W	S-51	3,40	0,56	29,0	25,0	250	2,20	6
RVM1000B26	HPI/T 1000 W	S-52	8,25	0,57	48,0	60,0	250	5,30	7
RVM1000B26 + RVM1000B26	HPI/T2000-U	S-52	16,50	0,57	100,0	110 ou 3304	250	10,40	8,15 ou 164
RVM2000B26	HPI/T2000-U	126689	15,00	0,64	110,0	100 ou 3005	250	10,10	9,17 ou 185
RVM2000B36	HPI/T2000-U	126689	8,00	0,65	80,0	30 ou 1006	250 ou 3806	6,10	10 ou 196

* Reator com ignitor incorporado. ** Reator com bloco terminal.

Tabela 4.22 - Reatores vapor de sódio.

Código Comercial	Lâmpadas e Potências	Ignitor	Corrente da Rede (A)	Fator de Potência	Perdas (W) ³	Correção Individual do Fator de Potência ²			Esquema / Circuito de Ligação
						Capacitor		Corrente Corrigida (A)	
						(μF) (I)	(V)		
RVS70A26	SON 70W	S-50	0,41	0,88	14,0	-	-	-	13
RVS70A26-IG*	SON 70W	-	0,41	0,88	14,0	-	-	-	1
RVS70B26	SON 70W	S-50	1,00	0,37	14,0	9,0	250	0,41	14
RVS150B26	SON/T 150W	S-50	1,80	0,41	21,0	16,0	250	0,86	11
RVS150B26-UI	SON/T 150W	S-50	1,80	0,41	21,0	16,0	250	0,86	14
RVS250A26	SON/T 250W	S-50	1,40	0,85	30,0	-	-	-	13
RVS250A26-IG*	SON/T 250W	-	1,40	0,85	30,0	-	-	-	1
RVS250B26	SON/T 250W	S-50	3,00	0,41	30,0	25,0	250	1,40	11
RVS250B26-UI	SON/T 250W	S-50	3,00	0,41	30,0	25,0	250	1,40	14
RVS400A26	SON/T 400W	S-50	2,25	0,85	43,0	-	-	-	13
RVS400A26-IG*	SON/T 400W	-	2,25	0,85	43,0	-	-	-	1
RVS400B26	SON/T 400W	S-50	4,60	0,44	43,0	40,0	250	2,25	11
RVS400B26-UI	SON/T 400W	S-50	4,60	0,44	43,0	40,0	250	2,25	14
RVS1000B26	SON/T 1000W	S53	10,30	0,48	70,0	100,0	250	5,60	11

* Reator com ignitor incorporado.

Notas

- Valores de capacitância para correção do F.P. com capacitores ligados em paralelo à carga.
- A correção indicada é para um F.P. médio de 0,9 e a tolerância na capacitância é de $\pm 10\%$.
- Valores médios. As correções devem ser efetuadas conforme orientações seguinte:
- Sistema monofásico - capacitância 110μF - esquema 8
- Sistema trifásico - para 1 ou 2 lâmpadas - capacitância 110 μF - esquema 8.
- Sistema trifásico - para 3 ou mais lâmpadas: 220V. Fase - Neutro, capacitância 110 μF - circuito 15.
- Sistema trifásico - para 3 ou mais lâmpadas: 220V. Fase - Fase, capacitância 330 μF - circuito 16.
- Sistema monofásico - Capacitância 100μF - esquema 9.
- Sistema trifásico - para 1 ou 2 lâmpadas - capacitância 100 μF - esquema 9.
- Sistema trifásico - para 3 ou mais lâmpadas: 220V. Fase - Neutro, capacitância 100 μF - circuito 17.
- Sistema trifásico - para 3 ou mais lâmpadas: 220V. Fase - Fase, capacitância 300 μF - circuito 17.
- Sistema monofásico - capacitância 30μF - esquema 10.
- Sistema trifásico - para 1 ou 2 lâmpadas - capacitância 30 μF - esquema 10.
- Sistema trifásico - para 3 ou mais lâmpadas: 380V. Fase - Fase, capacitância 100 μF - circuito 19.
- Frequência de rede: 60 Hz para todos os modelos.

Tabela 4.23 - Enertron ETC.

Código Comercial	Tipo de Lâmpada	Qtde de Lâmpadas	Rede		Circ.	Sistema			Lâmpada	
			Tensão (V)	Freq. (Hz)		Potência ² (W)	Corrente (máx.) (A)	Fator de Potência ³	Potência (W)	Corrente (mA)
ETC 118 R	TLD 16WHF	1	200-240	50/60	1	21,5	0,10	>0,93	16	250
ETC 218 R	TLD 16WHF	2	200-240	50/60	2	39,0	0,18	>0,93	16	250
ETC 136 R	TLD 32WHF	1	200-240	50/60	1	39,0	0,18	>0,93	32	250
ETC 236 R	TLD 32WHF	2	200-240	50/60	2	76,5	0,35	>0,93	32	250

1 - Tolerância de tensão de rede: $\pm 10\%$. Funcionamento do reator em tensão contínua: 160 até 300 V.

2 - Potência total (lâmpadas + reator). Para nível mínimo de dimerização (10%): consumo < 40% do total.

3 - Válido para nível de dimerização de 100%. Para nível mínimo de dimerização (10%): fator de potência > 0.75.

Modelos ETC 118R e ETC 136R; veja circuito 1, modelos ETC 218R e ETC 236 R, veja circuito 2.

Tabela 4.24 - Transformador - reator para lâmpada de néon - metragem iluminada.

Tensão (V) (Secundário)	Neon (vermelho)						Vapor de mercúrio (azul)						Hélio (ouro)					
	Diâmetro do tubo (mm)						Diâmetro do tubo (mm)						Diâmetro do tubo (mm)					
	19	15	13	12	10	8	19	15	13	12	10	8	19	15	13	12	10	8
	Comprimento dos Tubos (m)						Comprimento dos Tubos (m)						Comprimento dos Tubos (m)					
15.000	25	20	17	15	11	8	26	22	19	17	13,2	9	11	9	8	7	5	3,5
12.000	19	15	13	11,5	8	5,5	10	17	15	13	10	6	8	7	6	5	4	2,7
9.000	14	11	9	8	5	4	15	13	11	10	7	4,5	6,5	5,5	5	4	2,7	1,7
7.500	10	8	7,5	6,5	4	3	11	9	8	7,5	6	3,5	5	4	3,5	3	2	1,4
6.000	7,8	6,6	6	5	3,5	2	9	7	6,3	5,5	4,3	2,5	3,9	3,3	3	2,3	1,4	1,1
5.000	7,2	5,5	5	4	3	1,7	8	6	5,5	4,5	3,5	2	3,5	3	2,5	2	1,2	0,9
4.000	4	4,3	4	3,3	2,5	1,4	6,4	5	4,5	3,6	2,7	1,7	2,7	2,3	1,9	1,6	1,0	0,7
3.000	3,5	3,2	3	2,7	2	1	4,8	4	3,5	3	2,3	1,4	1,9	1,5	1,3	1,2	0,9	0,6
2.000	2,8	2,3	2	1,7	1,2	0,7	3,2	2,5	2,5	2	1,5	1	1,4	1	0,9	0,8	0,6	0,4
Pressão do gás recomendada (mmHg)	7	8	9	10	12	14	7	8	9	10	12	14	7	8	9	10	12	14

Nota: Das metragens citadas, deve-se deduzir 30 cm para cada par de eletrodos. Além disso recomenda-se uma metragem máxima tal que o luminoso possa operar sem piscar, mesmo quando ligado com apenas 80% da tensão primária. Estas recomendações visam também a segurança dos transformadores e a prolongação da vida do letreiro.

4.3.2.5.5. Ignitores

São dispositivos destinados especialmente à partida de lâmpadas a vapor metálico e vapor de sódio de alta pressão.

Notas:

- Na instalação, devem ser obedecidos, necessariamente, os esquemas contidos nos próprios ignitores.
- Os ignitores são próprios para rede elétrica de 50 ou 60 Hz.
- Os equipamentos auxiliares para lâmpadas a vapor de sódio podem ficar, no máximo, a 14 metros das lâmpadas.
- Os ignitores devem ser instalados abrigados das intempéries.
- Durante a ignição, o ignitor para lâmpada a vapor de sódio fornece um alto pico de tensão aos eletrodos da lâmpada, que é sobreposto à tensão da rede. Por isso os disjuntores ou fusíveis de proteção do circuito devem ser do tipo retardado, e que suportem a sobrecorrente necessária para a partida da lâmpada.
- Logo após a partida da lâmpada, o ignitor é desligado automaticamente.

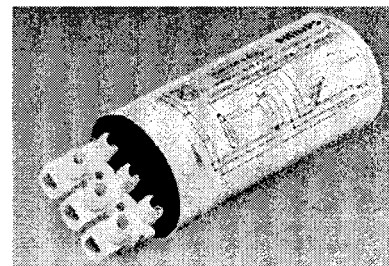
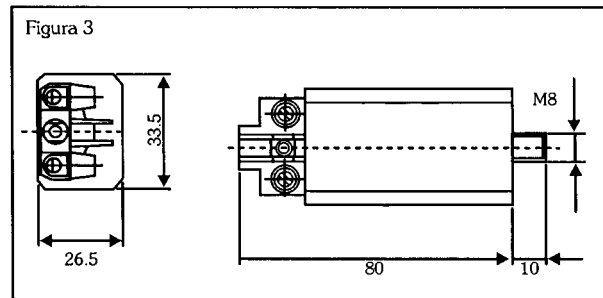
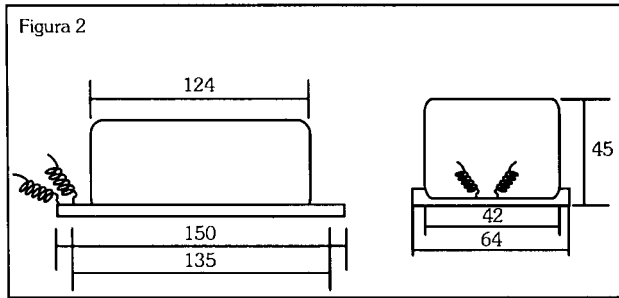
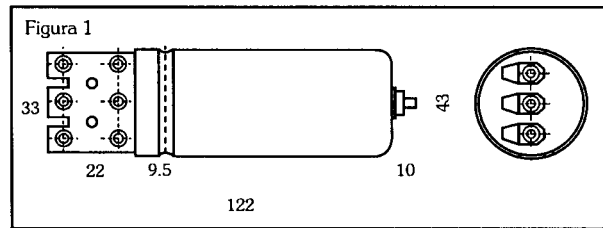


Figura 4.82 - Cortesia: Philips.

Atenção: O ignitor permanece em operação, mesmo com a lâmpada fora do circuito ou quando a lâmpada estiver com defeito.

Tabela 4.25 - Ignitores Philips.

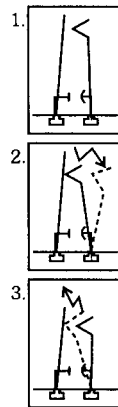
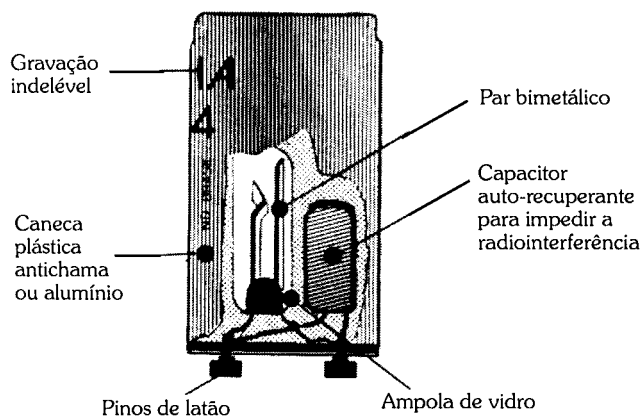
Código Comercial	Pico de Tensão na Partida	Figura
Ignição S-50	3.000 a 4.500	1
Ignição S-51	580 a 750	1
Ignição S-52	600 a 760	1
Ignição S-53	3.000 a 4.500	1
Ignição 126689	1.300	2
Ignição Z35-IMP	3.000 a 4.000	3



4.3.2.5.6. Starters

Princípio de Funcionamento do "Starter"

É um interruptor automático de descarga, que consiste em uma ampola de vidro contendo gás (néon ou argônio), um par bimetálico que deforma sob a ação do calor e um capacitor para impedir a radiointerferência. O conjunto é encerrado num invólucro de alumínio ou plástico e apresenta dois terminais na parte inferior para as conexões em receptáculo ou soquete próprio.



1. "Starter" não energizado: contatos abertos.
2. "Starter" energizado: com a tensão aplicada aos pinos do "starter", inicia-se a ionização do gás e há uma descarga entre o conjunto (de pares bimetálicos e/ou eletrodos) que aquecido deforma-se, fechando os contatos. Nessas condições, a corrente de curto do reator circula através do "starter" e dos filamentos da lâmpada pré-aquecendo-os. Com os contatos fechados, cessa a ionização do gás e o par bimetálico se resfria, tendendo a retomar à posição inicial, abrindo os contatos.
3. A súbita separação dos contatos provoca um surto controlado de tensão entre os filamentos pré-aquecidos da lâmpada, acendendo-a.

Figura 4.83 - Constituição do "starter". Cortesia: Sylvania.

O pré-aquecimento é usado para facilitar a ionização dos gases dentro do tubo, reduzindo a tensão requerida para fazer saltar o arco elétrico.

O "starter" é usado somente em circuitos convencionais, ou seja, em conjunto com reatores convencionais. Deve-se utilizar o modelo ou tipo adequado para cada potência de lâmpada.

Tabela 4.26 - "Starters" Philips.

Código Comercial	Potência da Lâmpada (W)
S-2	15 ou 20
S-10	30, 40 ou 65

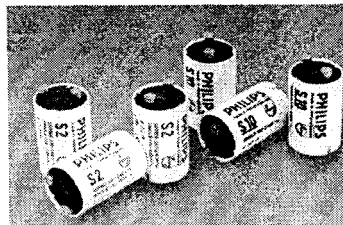
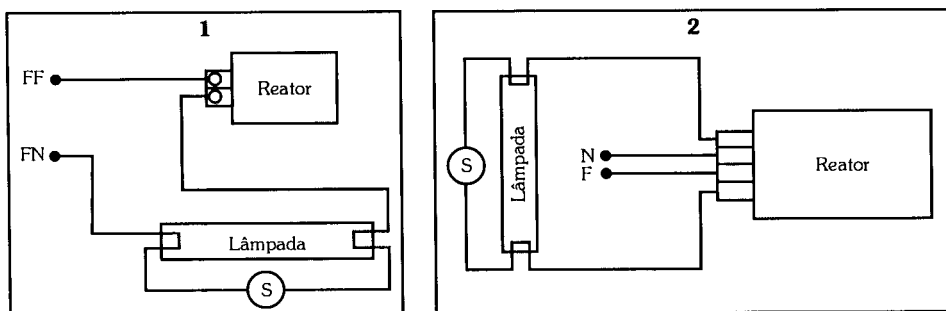


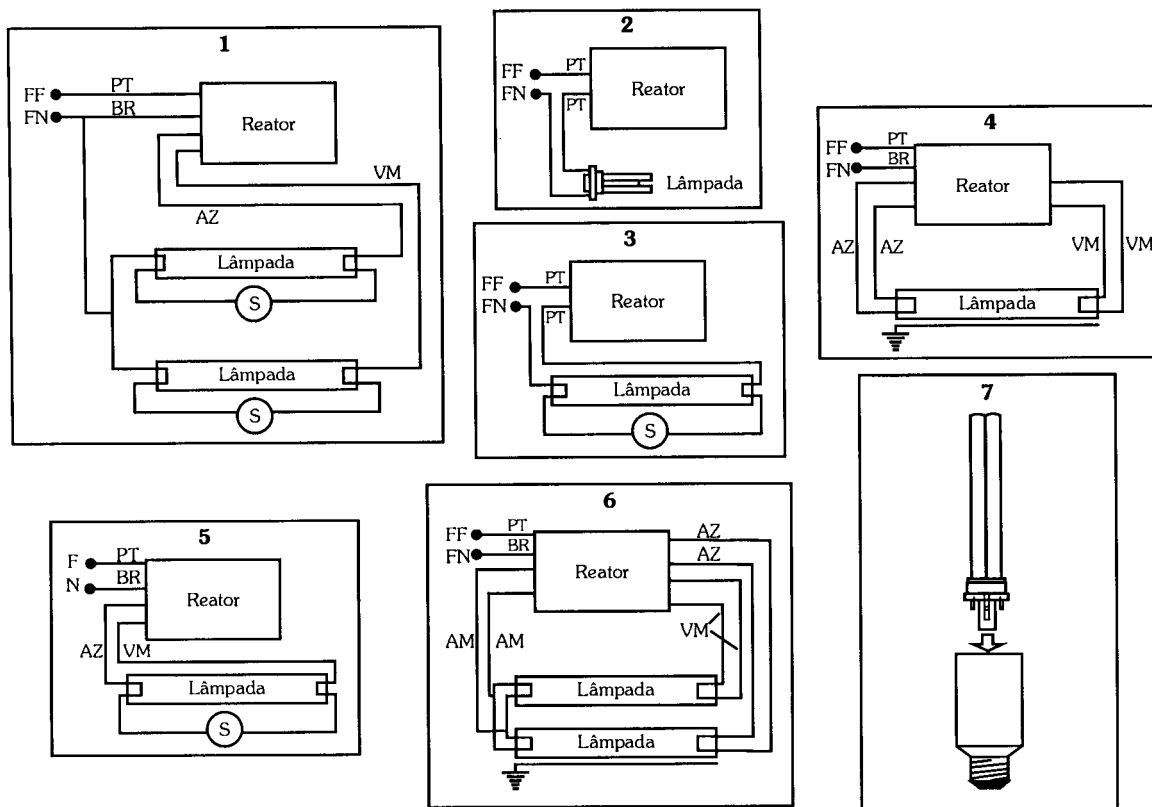
Figura 4.84 - Cortesia: Philips.

4.3.2.5.7. Esquemas de Ligação

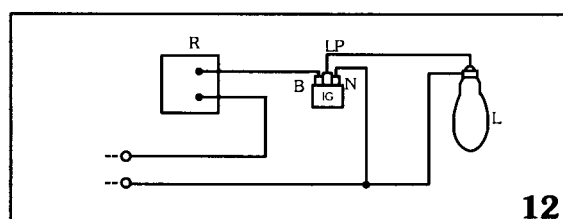
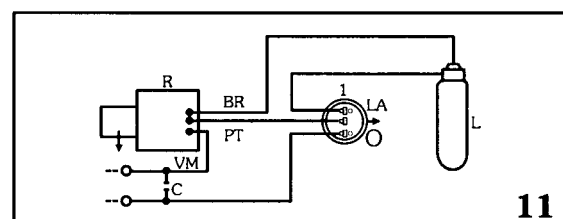
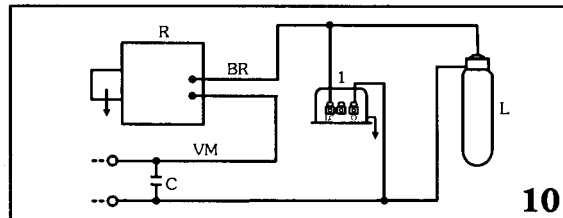
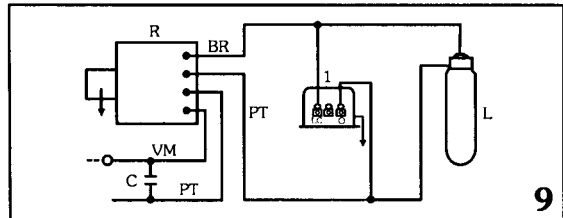
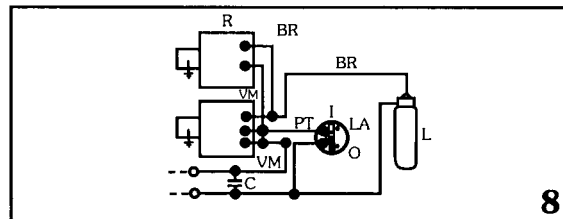
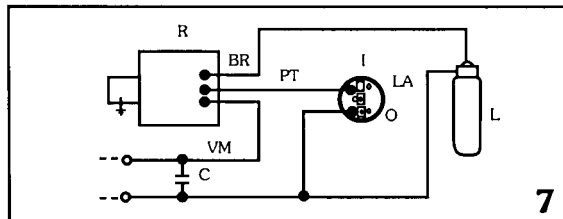
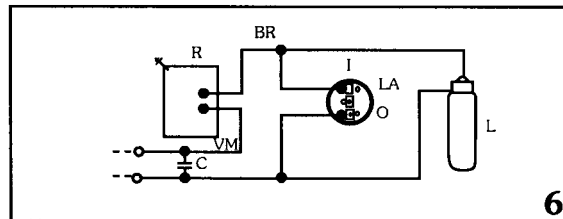
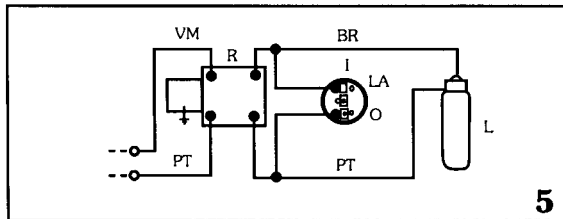
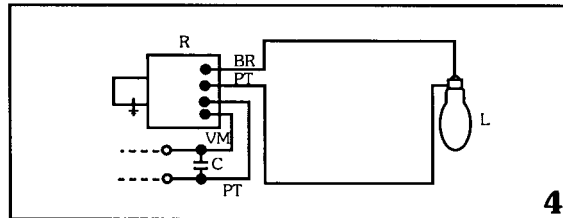
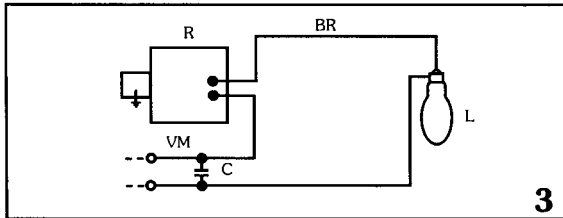
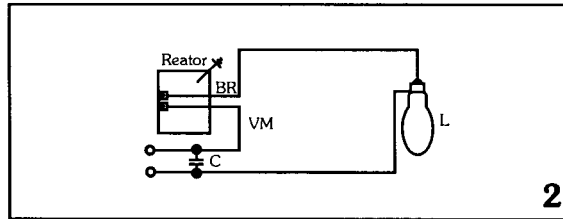
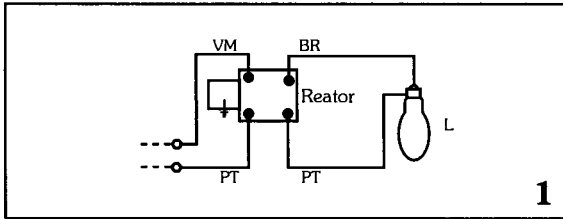
Reatores Eletromagnéticos - Modelo Europeu

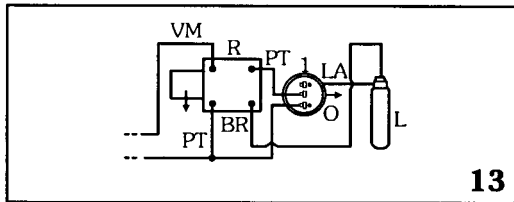


Reatores Eletromagnéticos - Série Ouro Plus

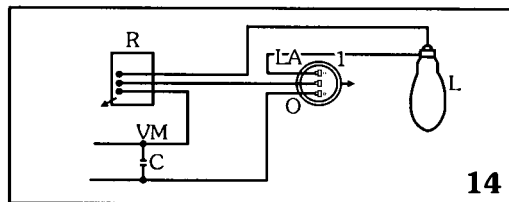


Reatores para Lâmpadas de Descargas de Alta Pressão - Vapor de Mercúrio - Vapor Metálico - Vapor de Sódio

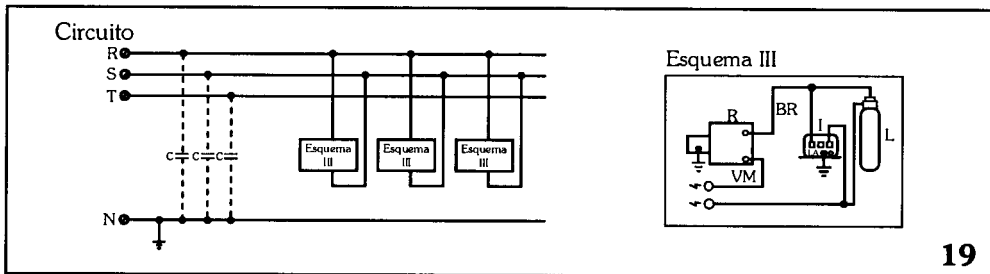
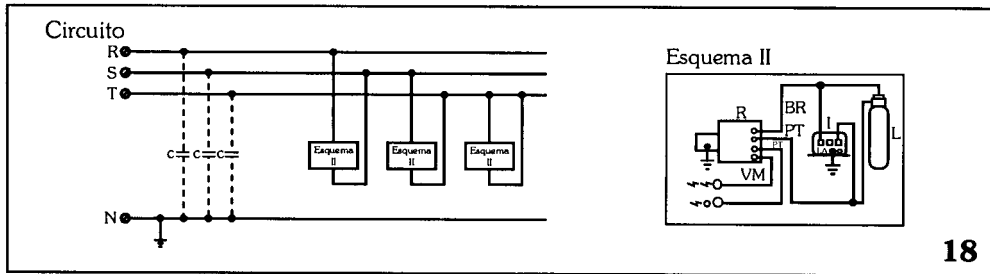
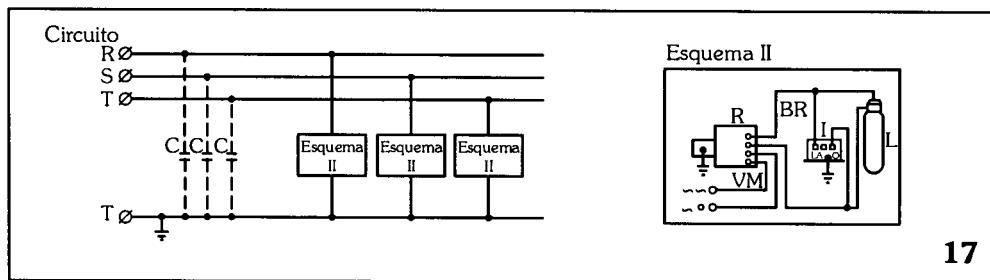
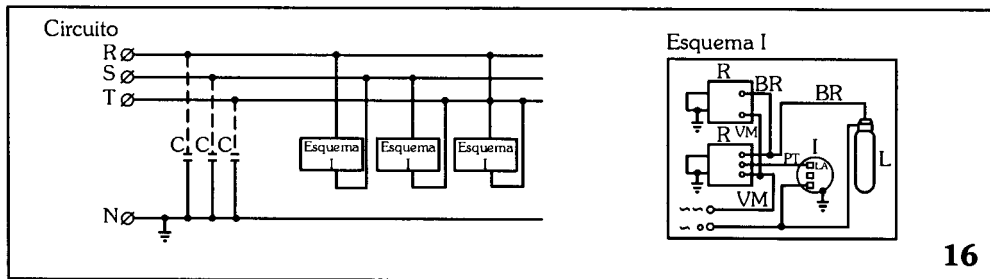
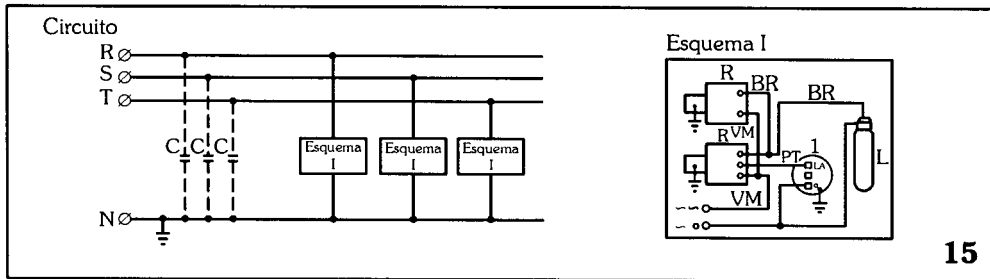




13



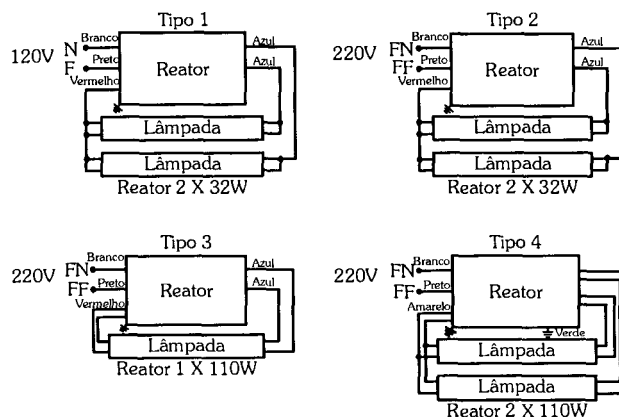
14



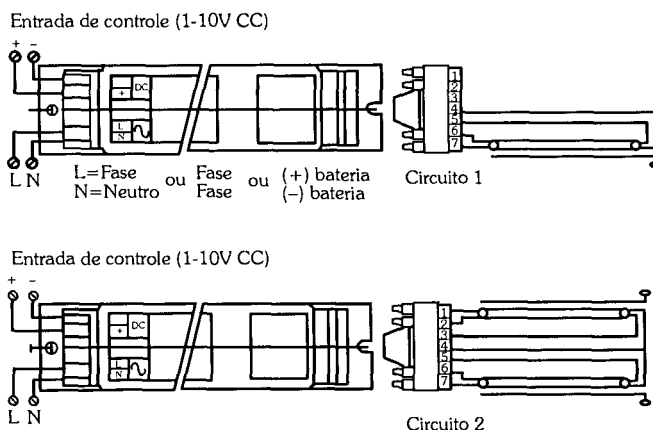
BR = Branco PT = Preto VM = Vermelho

Reatores Eletrônicos

▪ Enertron EBT



▪ Enertron ETC



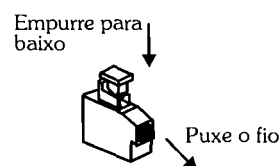
Detecção de sobretensão

Se a tensão da rede se elevar acima de 280 V (RMS), devido a, por exemplo, um erro de instalação ou de procedimento de teste, as lâmpadas são desligadas. O desligamento automático indica que a instalação não está funcionando apropriadamente e que uma ação corretiva deve ser tomada.

A lâmpada permanece desligada até que a tensão da rede seja corrigida e o reator religado. Quando o reator desliga, as lâmpadas a alta tensão ainda estão conectadas ao circuito de entrada, logo é essencial que a ação corretiva seja tomada imediatamente. Nesta situação, o reator pode suportar tensões de rede de até 320 V, por 48 horas. Tensões de rede entre 320 V e 350 V não são permitidas por períodos superiores a duas horas e causam queima prematura do reator.

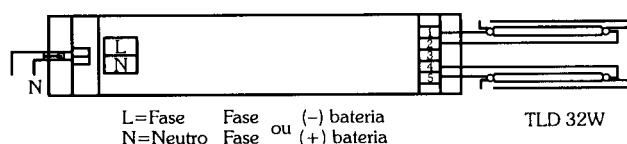
Conectores

- **Lado dos fios da rede:** fio rígido 0,5 a 2,5 mm².
- **Lado dos fios das lâmpadas:** fio rígido 0,5 a 2,5 mm².
- **Conexão:** pressione o conector e introduza o fio rígido.
- **Desconexão:** pressione o conector e solte o fio rígido.



▪ Enertron HF-B

Conforme o esquema, nas ligações aos conectores 1 e 5, o outro terminal do eletrodo da lâmpada fica realmente aberto.



Proteção contra sobretensão: o reator suporta sobretensão acidental de até 320 V por 48 horas. Tensões de rede entre 320 V e 350 V não são permitidas por períodos superiores a duas horas. As situações anteriores causam a queima prematura do reator.

▪ Transformador eletrônico dimerizável para lâmpadas halógenas - EHC 250

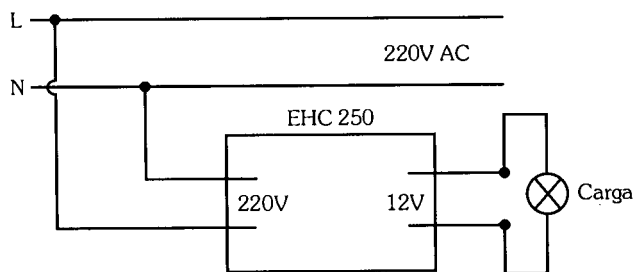
Distância entre pontos de fixação: 102 mm.

Comprimento de fio até a lâmpada: mínimo 0,2 m e máximo 2,0 m.

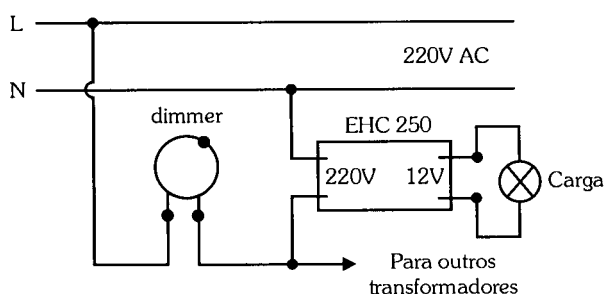
Especificação da alimentação do transformador:

- Tensão alternada: tensão nominal de 220 V - 50/60 Hz com tolerância de 207 V a 242 V.
- Temperatura máxima do transformador: 75°C.
- Máxima temperatura ambiente: para lâmpada de 50 W: 60°C; para lâmpada de 60 W: 50°C.
- Proteção do transformador: classe II.

A) Ligação sem dimmer:



B) Ligação com dimmer:



4.3.2.5.8. Cálculo de Iluminação

Luminotécnica é o estudo minucioso das técnicas das fontes e iluminação artificial através da energia elétrica.

Por ser o homem totalmente dependente da luz, principalmente da luz solar, o estudo da iluminação artificial mais adequada, que possibilite uma aproximação com a luz natural, deve ser resolvido de tal forma que os níveis de iluminação atendam a algumas regras fundamentais, cuja finalidade permite a utilização de maneira correta e econômica das fontes de luz.

Pertinente a este estudo, encontra-se a escolha da modalidade de iluminação (direta, semidireta, indireta, semi-indireta ou difusa), quantidades e tipos de lâmpada e respectivas potências, tipos de luminária e sua localização.

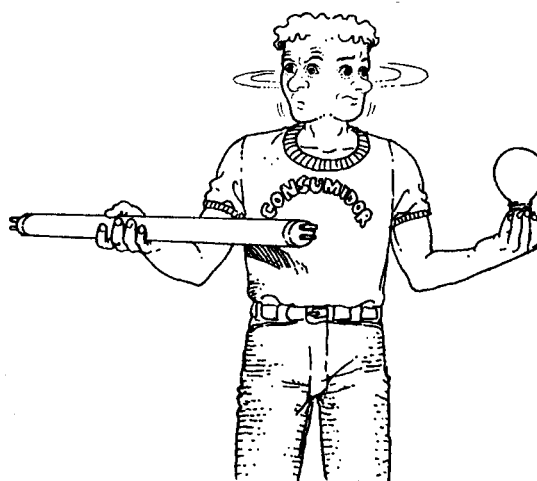


Figura 4.85 - Escolha da lâmpada certa.

Os níveis de iluminação aos quais nos referimos devem levar em conta, além dos valores arquitetônicos e ambientais, uma série de elementos técnicos, cuja preocupação deve estar com o tipo de atividade que se desenvolve no local, e principalmente com o usuário, o qual não pode ser analisado somente do ponto de vista psicológico (calor, frio, hospitalidade, funcionalidade, etc.), mas também do ponto de vista fisiológico.

É preciso termos sempre em mente a importância de uma boa iluminação, e o significado da luz nos ambientes, quer seja doméstico, comércio, indústria, diversão, hospital, segurança, etc., onde se torna evidente que a vista exige a nossa maior atenção.

Conceitos e Grandezas Luminotécnicas Fundamentais

Antes de tratarmos dos critérios para a determinação da iluminação mais adequada a um determinado ambiente, é necessário conhecermos as grandezas e respectivos conceitos que a ela estão relacionados, utilizando as considerações estabelecidas na norma.

Luz

É uma forma de energia radiante que impressiona nossos olhos e nos permite ver.

A percepção do olho humano às ondas de luz visível se encontra na faixa de 380 a 780 nanômetros (nm).

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 10 \text{ \AA} \text{ (ångströms)}$$

Isso equivale ao limite inferior dos raios ultravioleta e ao limite superior dos raios infravermelhos (figura 4.87).

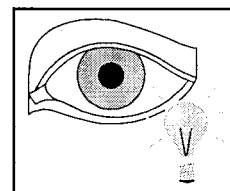


Figura 4.86 - Percepção do olho às ondas da luz.

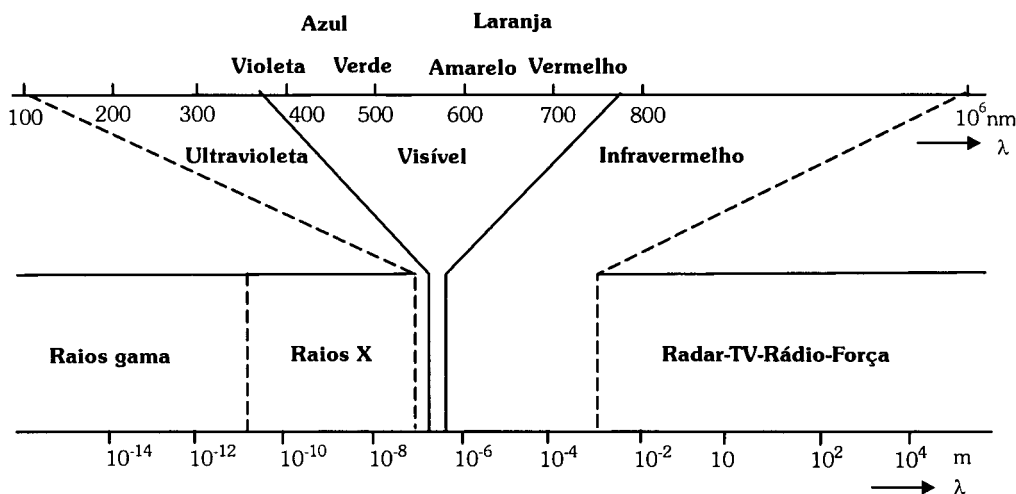


Figura 4.87 - O espectro eletromagnético.

Fluxo Luminoso

É a potência de radiação total emitida por uma fonte de luz e capaz de estimular a retina ocular à percepção da luminosidade.

Símbolo: ϕ

Unidade: **lumen (lm)**

Exemplo de fluxo luminoso:

- Lâmpada incandescente standard 100 W: 1560 lm
- Lâmpada fluorescente TLTRS 40 W: 3150 lm (conforme a cor da lâmpada)
- Lâmpada fluorescente TL5 HE 21W: 2100 lm

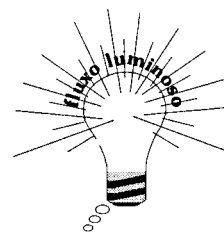


Figura 4.88 - Fluxo luminoso.

Eficiência Luminosa

É a medida da relação entre a quantidade de luz produzida e a energia consumida.

Unidade: **lumen por watt (lm)**

- Lâmpada incandescente standard 100 W:

$$\text{Ef. Luminosa} = \frac{\text{lúmen}}{\text{watt}} = \frac{1560}{100} = 15,6 \text{ lm/W}$$

- Lâmpada fluorescente TLTRS 40 W:

$$\text{Ef. Luminosa} = \frac{\text{lúmen}}{\text{watt}} = \frac{3150}{40} = 78,8 \text{ lm/W}$$

- Lâmpada fluorescente TL5 HE 21 W:

$$\text{Ef. Luminosa} = \frac{\text{lúmen}}{\text{watt}} = \frac{2100}{21} = 100 \text{ lm/W}$$

Intensidade Luminosa

É a potência de radiação visível disponível numa determinada direção. É devido ao fato de uma fonte de luz não emitir a mesma potência luminosa em todas as direções.

Símbolo: **I**

Unidade: **candela (cd)**

A intensidade luminosa é mostrada na forma de um diagrama polar (CDL), em termos de candelas por 1.000 lumens do fluxo da lâmpada.

O que ocorre, na maioria das vezes, é que o fluxo luminoso da lâmpada possui valores diferentes desse valor. Quando isso ocorrer, deve-se multiplicar o valor obtido no diagrama polar ou curva de distribuição luminosa (CDL) por um fator correspondente.

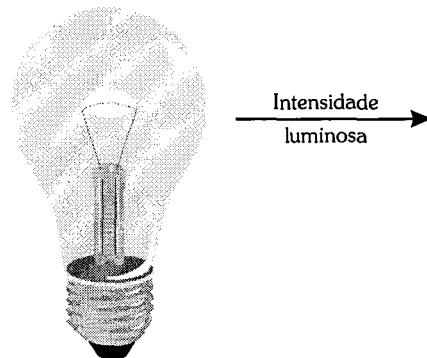


Figura 4.89 - Intensidade luminosa (cd).

Por exemplo:

Se o fluxo luminoso da lâmpada for 3.250 lumens, o fator será:

$$3.250 : 1.000 = 3,25$$

Essas curvas têm por finalidade determinar a característica luminotécnica de luminárias.

Vamos verificar a intensidade luminosa para uma lâmpada **Philips SON 400W**, com um fluxo luminoso de 49.000 lumens. Analisando a curva de distribuição luminosa (CDL), curva "D" da figura 4.90, que se refere a uma lâmpada a vapor de sódio, constatamos que a intensidade luminosa a 0° (vertical) será de:

$$(49.000 : 1.000) \times 500 = 24.500 \text{ candelas (cd)}.$$

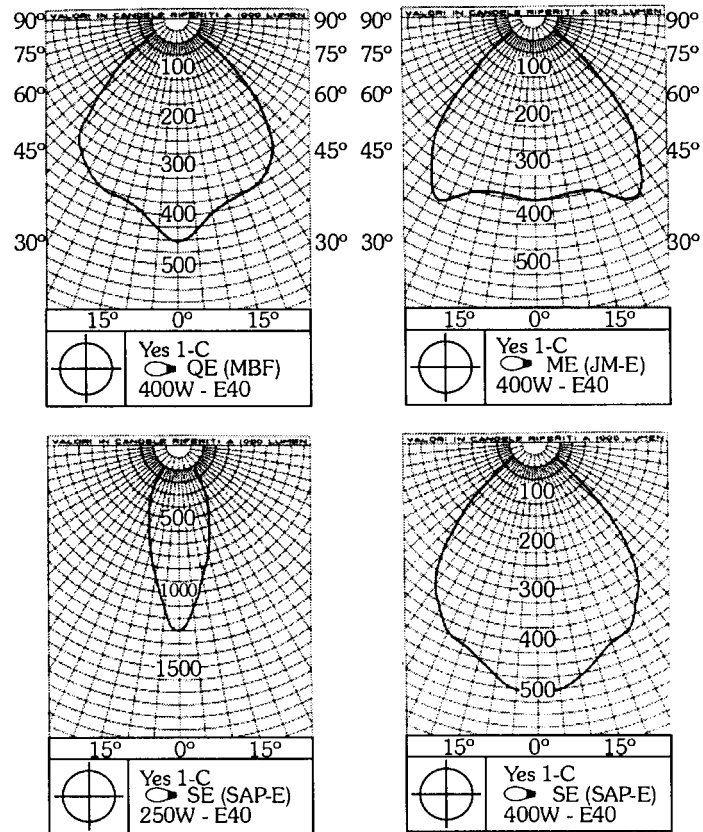
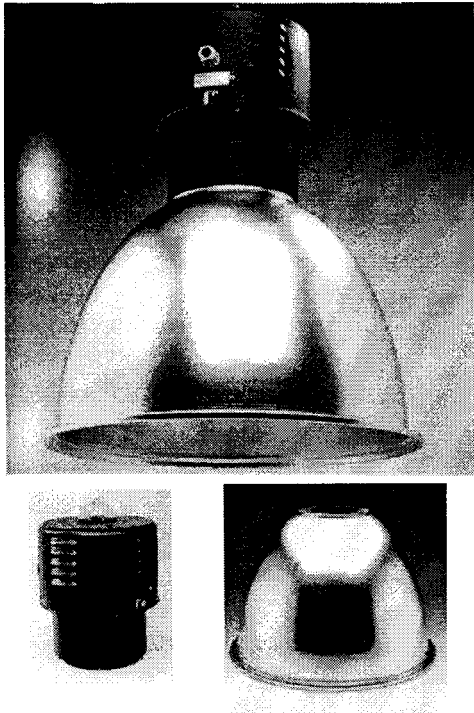


Figura 4.90 - Luminária e curvas de distribuição luminosa para diferentes potências de lâmpadas. Cortesia: Elextron.

Iluminamento ou Iluminância

É a relação entre o fluxo luminoso incidente em uma superfície pela área dessa superfície.

Símbolo: **E**

Unidade: **lux (lx)**

$$\text{Fórmula: } E = \frac{\phi}{S}$$

em que:

- **E** - Iluminamento ou iluminância, em **lux (lx)**.
- ϕ - Fluxo luminoso, em **lumen (lm)**.
- **S** - Área da superfície, em metro quadrado (m²).

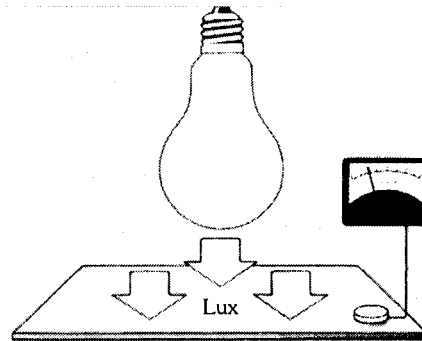


Figura 4.91 - A quantidade de luz que chega a uma superfície.

Na prática, o iluminamento (E) corresponde ao **valor médio**, porque o fluxo luminoso não se distribui uniformemente sobre a superfície.

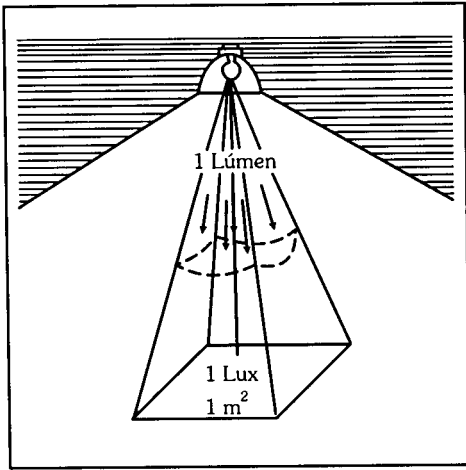


Figura 4.92 - Iluminamento médio perpendicular a uma superfície.

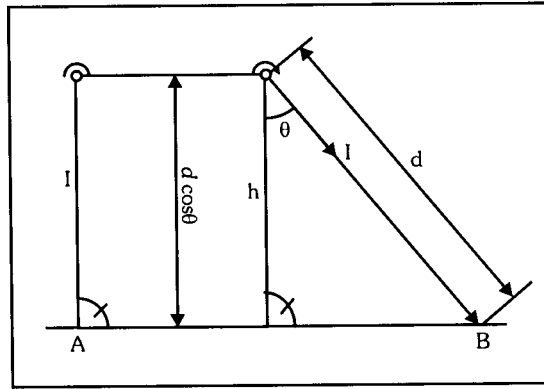


Figura 4.93 - Iluminamento a partir da fonte de intensidade luminosa.

O iluminamento em um ponto **A** da superfície, afastada de uma distância **d** da luminária, é calculado por:

$$E = \frac{I}{d^2}$$

No caso de a incidência da luz ser oblíqua, o iluminamento no ponto B é calculado por:

$$E = \frac{I}{d^2} \cdot \cos \theta = \frac{I}{h^2} \cdot \cos^3 \theta$$

Exemplos de iluminamento ou iluminância:

- No verão, com céu limpo ao ar livre 100.000 (lx)
- Dia encoberto de verão 20.000 (lx)
- No verão à sombra de uma árvore 10.000 (lx)
- Dia escuro de inverno 3.000 (lx)
- Interiores, através de uma janela 2.000 (lx)
- Boa iluminação de trabalho interno 1.000 (lx)
- Boa iluminação de rua 20 - 40 (lx)
- Ao ar livre com lua cheia 0,25 (lx)
- Luz de estrelas 0,01 (lx)

Luminância

A luminância de uma fonte de luz numa dada direção, num ponto na superfície, num ponto a caminho do fecho, provoca no olho do observador uma sensação de maior ou menor claridade.

Símbolo: **L**

Unidade: **cd/m²** ou **nit**

Fórmula: $L = \frac{I}{S}$

sendo:

- **L** - Luminância, em cd/m² ou nits (nt).
- **I** - Intensidade luminosa, em **candelas (cd)**.
- **S** - Área de superfície, em metros quadrados (m²).

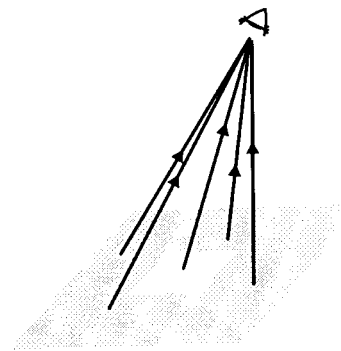


Figura 4.94 - Luminância em cd/m².

Para o seu conhecimento

A lâmpada de Edison proporcionava 3 lm/W e convertia apenas 0,56% da energia elétrica em luz visível. As lâmpadas incandescentes atuais produzem até 24 lm/W, o que corresponde a um aumento de energia de cerca de 600%.



Figura 4.95

Luz das Lâmpadas versus Luz de Velas

Para produzir 1.000 lumens num período de 1.000 horas, necessitaríamos de um total de 11.000 velas. Uma lâmpada incandescente refletora comum de bulbo prateado de 100 W - que tem vida útil de 1.000 horas - produz 1.100 lumens. Assim, para obter quase o mesmo fluxo luminoso, no mesmo período, necessitaríamos de apenas de uma lâmpada.

(extraído do catálogo "Os Benefícios de uma boa iluminação" - Philips)

É a n
será c

5.1

O esc
repre:

O esquema das figuras 5.2 e 5.3 representa exatamente como a instalação da figura 5.1 é executada na prática.

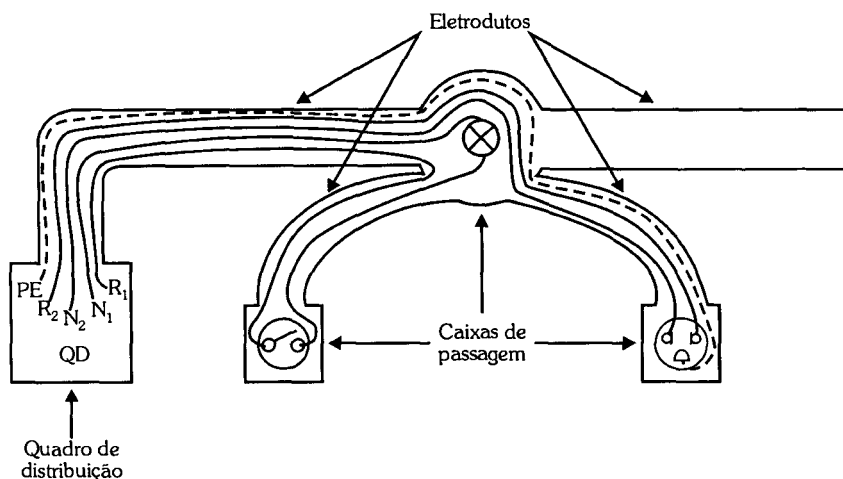


Figura 5.3

Sempre que for representado um símbolo, ele deve estar instalado em uma caixa de passagem, seja no teto ou na parede, e os condutores devem passar por dentro dos eletrodutos, os quais partem de um Quadro de Distribuição (QD). Em um projeto, se a sua representação fosse feita na forma multifilar, cada condutor seria representado por um traço, saindo do QD e chegando ao seu destino. Como observamos na figura 5.3, seria impossível representar um projeto na forma multifilar, pois seriam tantos os traços que dificultariam a sua interpretação. Neste caso, para realizar um projeto com clareza e de maneira simplificada, utilizamos a forma unifilar.

5.2. Esquema Unifilar

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

Geralmente, representa a posição física dos componentes da instalação, porém não reproduz com clareza o funcionamento e seqüência funcional dos circuitos. Na figura 5.4, temos um esquema de um circuito elétrico composto de interruptor simples, tomada, lâmpadas incandescentes, rede de eletrodutos e fiação, todos representados na forma unifilar.

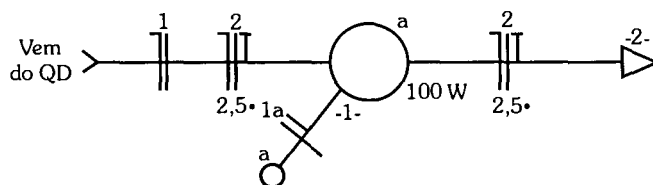


Figura 5.4

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

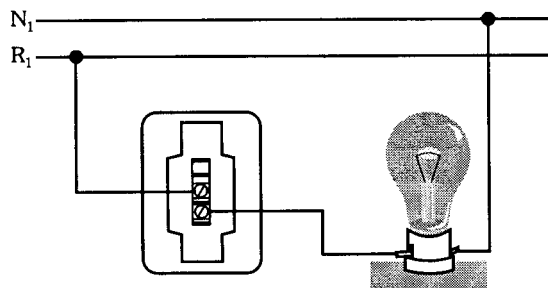


Figura 5.5

Recomendação Geral

Basicamente, um esquema é representado com seus componentes de comando na posição desligada. O esquema de distribuição é unifilar, que permite interpretar com extrema rapidez a distribuição dos circuitos e dispositivos, ou seja, o funcionamento.

Para a execução de uma instalação, dois aspectos são fundamentais para o eletricitista:

1. O primeiro é a localização dos elementos na planta, quantos fios passarão em determinado eletroduto e qual o trajeto da instalação.
2. O segundo é o funcionamento: distribuição dos circuitos e dos dispositivos.

Como não é possível representar ao mesmo tempo esses dois aspectos num único esquema, sem prejudicar a clareza de interpretação de um deles (posição física ou funcionamento), a instalação é representada por dois esquemas: esquema unifilar de fiação e de distribuição. Esta é a finalidade de utilização de tipos diferentes de esquemas.

6

Dispositivos de Comando de Iluminação e Sinalização

- 6.1. Como Instalar Lâmpadas Incandescentes com Interruptor Simples, Interruptor Simples Bipolar e Tomada
- 6.2. Interruptores Paralelos
- 6.3. Interruptor Intermediário
- 6.4. Interruptor de Minuteria
- 6.5. Interruptor Horário
- 6.6. Relé de Impulso (Ri)
- 6.7. Interruptor Automático por Presença
- 6.8. Sinalização
- 6.9. Relé Fotoelétrico

6.1. Como Instalar Lâmpadas Incandescentes com Interruptor Simples, Interruptor Simples Bipolar e Tomada

Instrução

No circuito da figura 6.1, temos uma lâmpada comandada por interruptor simples. Ele é alimentada por uma tensão ou corrente contínua, que pode ser uma bateria, pilha ou outra fonte de tensão ou corrente contínua qualquer.

Quando o interruptor é fechado, o sentido da corrente será indicado pela seta, ou seja, do terminal + (positivo) para o terminal - (negativo), fazendo com que a lâmpada acenda.

Como a transmissão de energia elétrica é feita em tensão ou corrente alternada, as instalações elétricas, sejam prediais, residenciais, comerciais ou industriais, recebem alimentação nessa modalidade de energia.

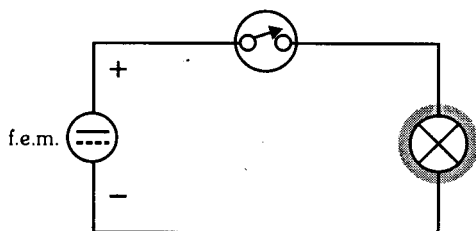


Figura 6.1

O comando por interruptor simples é feito para comandar uma lâmpada ou mais por um único local ou ponto de comando.

Precaução: Os aparelhos e lâmpadas elétricas, em geral, são construídos para funcionar em uma determinada tensão. Verifique sempre a tensão de funcionamento dos aparelhos e lâmpadas antes de energizá-los; caso contrário...

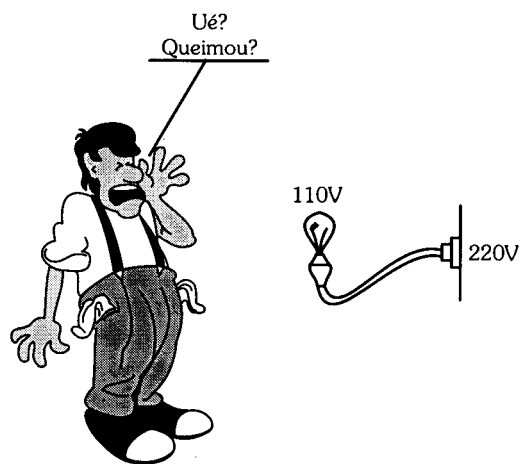


Figura 6.2

Interruptor de uma Tecla Simples de Embutir

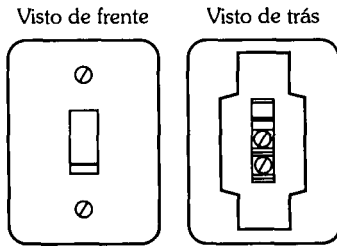


Figura 6.3 - De embutir.

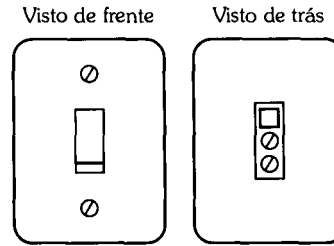


Figura 6.4 - De sobrepor ou aparente.

6.1.1. Representação de Esquemas Multifilar e Unifilar

Vamos representar os esquemas multifilar e unifilar do comando de uma lâmpada incandescente de 60W/127V com interruptor simples.

Diagrama funcional

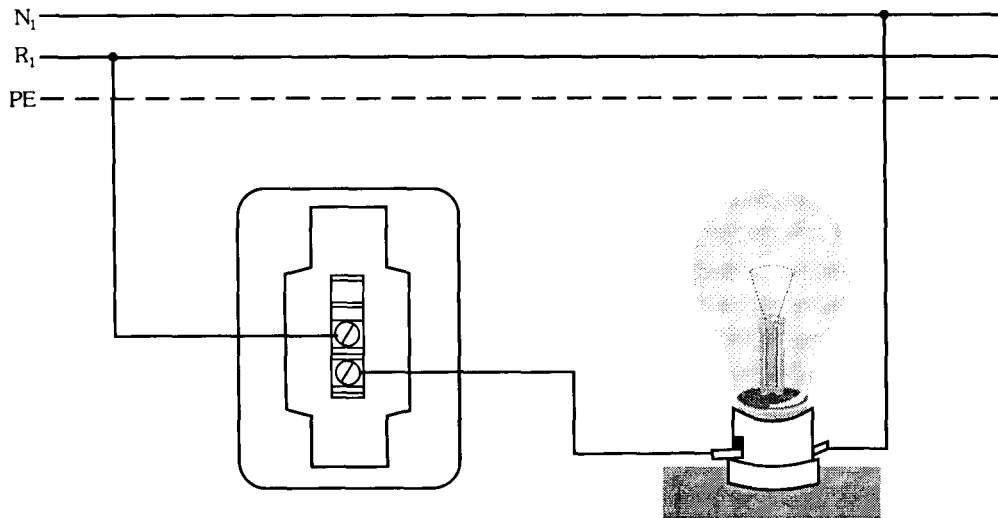


Figura 6.5

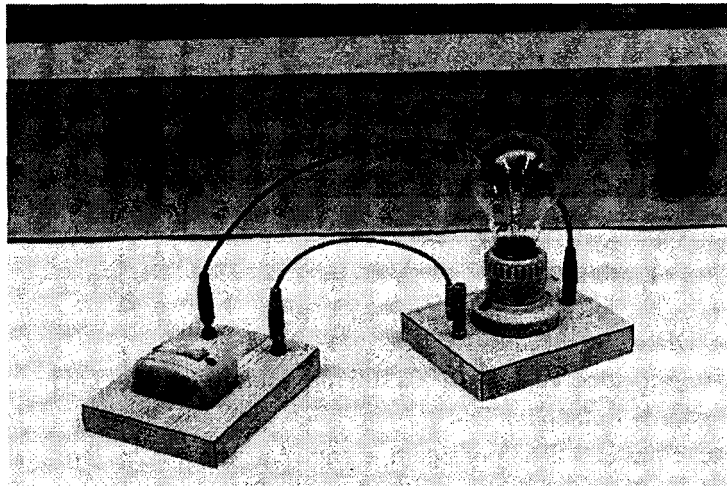


Figura 6.6

Na realização dos exercícios, consideramos os dois traços do esquema, sendo um neutro e o outro a fase. Esses dois condutores sempre vêm de um quadro terminal de luz. Na prática, sempre o condutor vivo, ou seja, a fase, é que deve ser seccionado pelo elemento de comando, que neste caso será o interruptor.

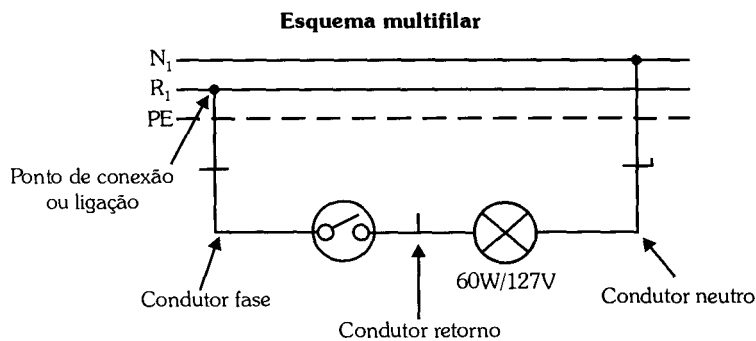


Figura 6.7

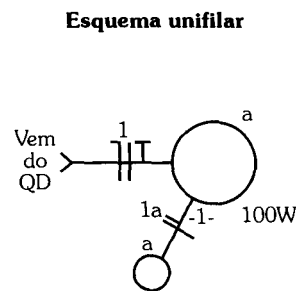


Figura 6.8

A direção do neutro e da fase sempre vai ser a carga. Desta forma, o neutro da rede está conectada diretamente em um dos lados da lâmpada, e a fase vai passar pelo retorno até chegar do outro lado da lâmpada. O neutro, normalmente, não deve ser seccionado.

Para entender melhor exatamente como é executada a instalação da figura 6.7, na prática, e o processo de transformação para a forma unifilar, vamos representar em um cômodo qualquer de uma residência a instalação na figura 6.9.

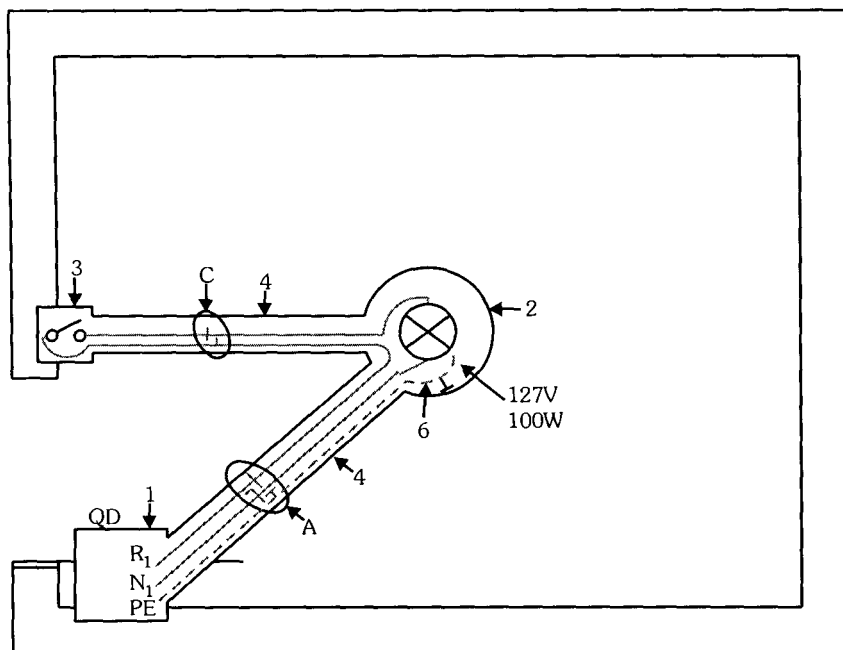


Figura 6.9

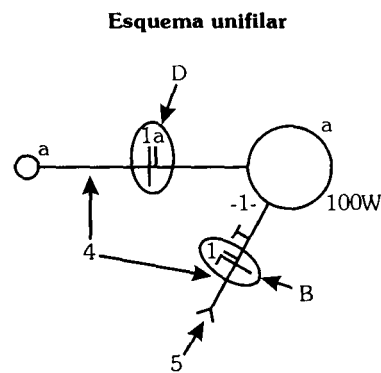


Figura 6.10

1. Quadro de distribuição (QD).
2. Caixa de passagem no teto (octogonal 4x4" - 100x100 mm - fundo móvel - 'FM').
3. Caixa de passagem na parede (retangular 2x4").
4. Eletrodutos de interligação das caixas de passagem, e entre caixas e quadro terminal de luz.
5. Lado de onde vem a alimentação do quadro de distribuição (QD).
6. Condutor de proteção (PE) que deve ser ligado na carcaça da luminária ou plafonier.

Observe que os condutores N_1 e R_1 da figura 6.9 saem do QD. Portanto, sempre que representamos dois traços na horizontal com estas indicações, conforme figura 6.7, trazemos neutro e fase diretamente desse quadro de distribuição (QD) para fazer a alimentação ou instalação de uma ou mais lâmpadas. Devemos lembrar que, quando há um componente a ser instalado, como lâmpada, interruptor ou tomada, haverá sempre uma caixa de passagem na alvenaria, e eletrodutos interligando-os, para possibilitar a passagem dos condutores.

Do quadro terminal de luz (1) da figura 6.9 saem todos os circuitos (condutores) que vão alimentar as suas respectivas cargas. Desta forma, para alimentar a iluminação, saem os condutores N_1 e R_1 , porque a tensão da lâmpada incandescente é 127 V. O número 1, de N_1 e R_1 , significa que, dentro do quadro terminal de luz, o disjuntor número 1 é reservado para a iluminação. No teto fica a caixa de passagem (2), na qual é instalada a lâmpada. Na parede está a caixa de passagem retangular 2x4" (3), em que será fixado o interruptor. Interligando o quadro e as caixas de passagem estão os eletrodutos (4). O número (5) da figura 6.10 representa a origem da fonte (lado por onde vem a alimentação da instalação). Na figura 6.9 temos as seguintes representações:

No trecho (A) da figura 6.9 entram o neutro e a fase do circuito, que vêm do QL, e vão até a caixa de passagem no teto, onde está a lâmpada incandescente. Assim também na figura 6.10, no trecho (B), estão representados o neutro e a fase chegando na caixa de passagem não qual será instalada a lâmpada. A fase das figuras 6.9 e 6.10 passa pela caixa de passagem, onde está a lâmpada e vai diretamente até o interruptor, e do interruptor sai o retorno que vai até um dos lados da lâmpada. Do outro lado da lâmpada é ligado o neutro.

Na figura 6.9, letra (C), temos dois condutores, um é a fase e o outro é o retorno, que são os mesmos representados na figura 6.10 letra (D).

Nas figuras 6.11 e 6.12 observe a representação correta do esquema unifilar, e o significado de cada símbolo.

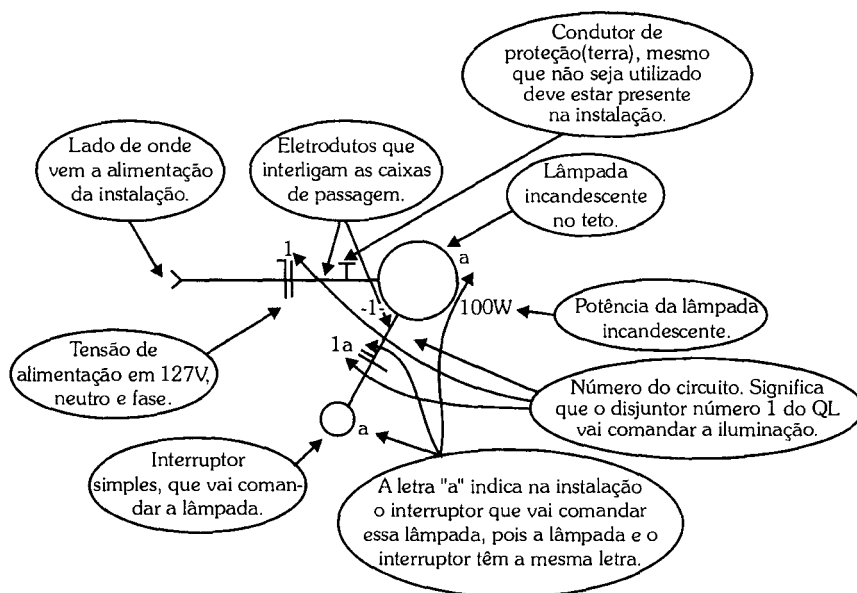


Figura 6.11

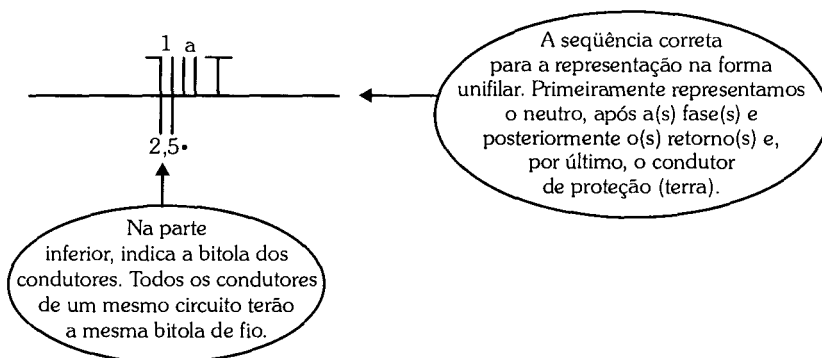


Figura 6.12

Representar os esquemas multifilar e unifilar de um comando com uma lâmpada incandescente de 40W/127V, um interruptor simples, uma tomada instalada na mesma tubulação do interruptor e outra em tubulação própria.

Esquema funcional

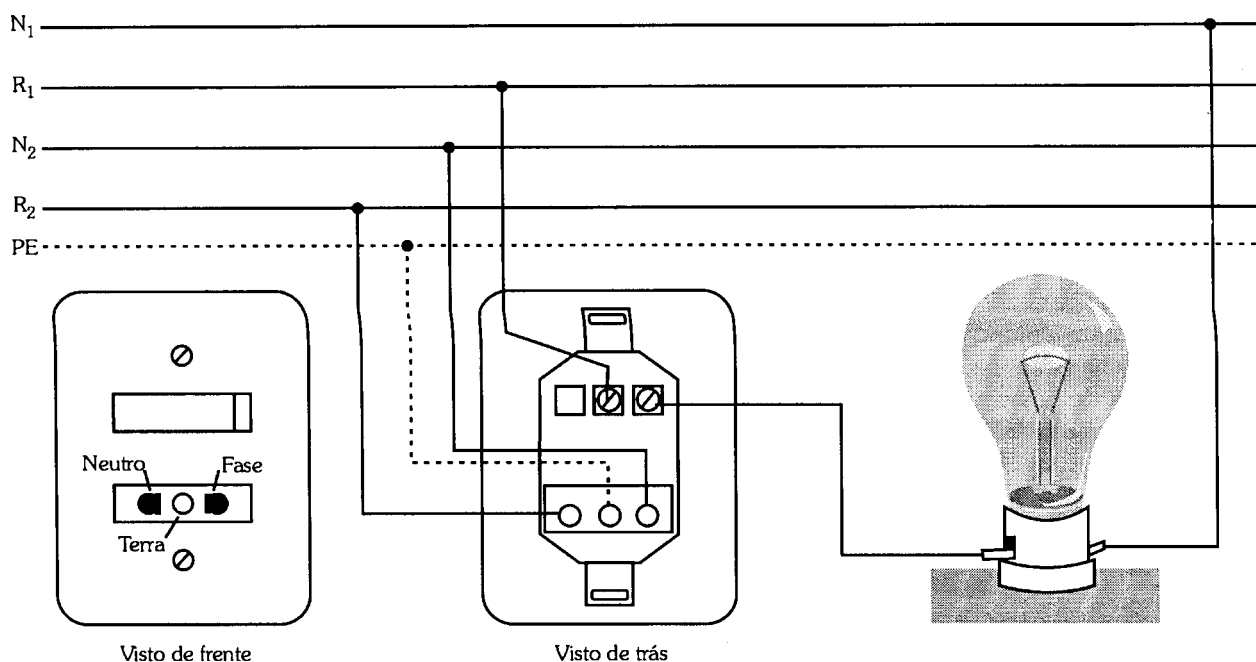


Figura 6.13

Esquema multifilar

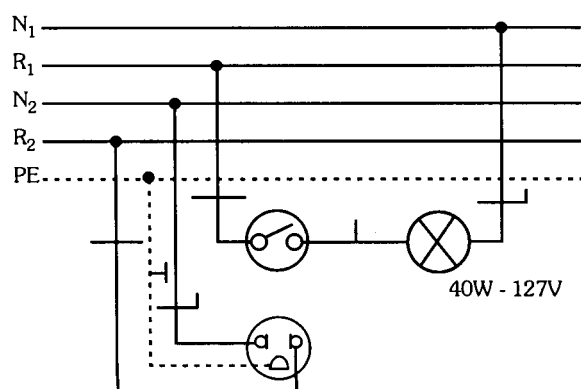


Figura 6.14

Esquema unifilar

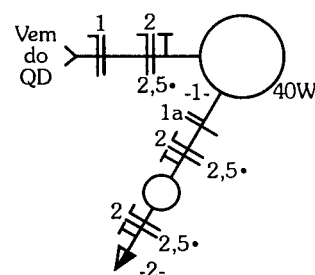


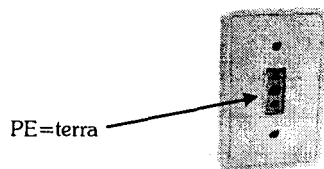
Figura 6.15

Nas figuras 6.13 e 6.14 aparece uma linha tracejada, juntamente com as linhas de neutro e fase. A linha tracejada recebe o nome de PE (condutor de proteção) que também é chamado de fio terra, pois é o condutor que vai aterrar todas as partes metálicas dos equipamentos, internos da residência, para garantir a segurança do ser humano. Os equipamentos mais comuns aterrados são: chuveiro, torneira elétrica, freezer, máquina de lavar roupa, máquina de lavar louça, forno de microondas, computadores em geral, etc.

Encontramos vários tipos de tomada com três pinos, que são chamadas 2p+ t. Para evitar problemas com inversão de fases, na tomada cada um tem a sua posição.

Todo circuito deve ter o seu condutor de proteção (PE), mas quando dois circuitos ou mais compartilham o mesmo eletroduto, podemos passar um único terra, desde que seja o condutor de maior bitola, dentre os circuitos passando por esse eletroduto.

Nesse tipo de tomada o terminal de proteção PE sempre é o do meio. A fase e o neutro, tanto faz em cima ou embaixo.



Visto de frente

Figura 6.16

Nessa tomada o pino PE e os demais já têm as posições definidas, pois mesmo que você queira inverter o pino, colocando-o de ponta-cabeça, não há como encaixá-lo na tomada, a qual se chama 2p+t universal.

Essa tomada é utilizada exclusivamente para computadores, e nunca podemos inverter a posição dos terminais, pois caso isso aconteça, podemos queimar o equipamento.

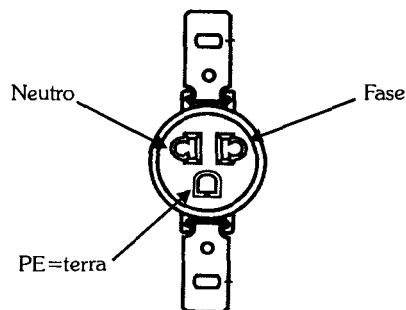


Figura 6.17 - Visto de frente.

Na figura 6.18 vista de frente, mantendo o borne PE para baixo, observe que a fase sempre é o borne da direita. Cuidado quando você virar a tomada para efetuar as ligações. Antes de ligar qualquer fio, analise bem a posição da fase, neutro e terra, conforme indicado na figura 6.19.

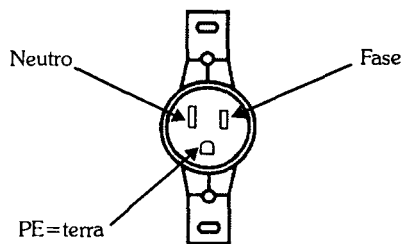


Figura 6.18 - Visto de frente.

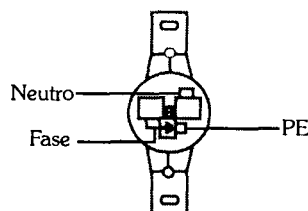


Figura 6.19 - Visto de trás.

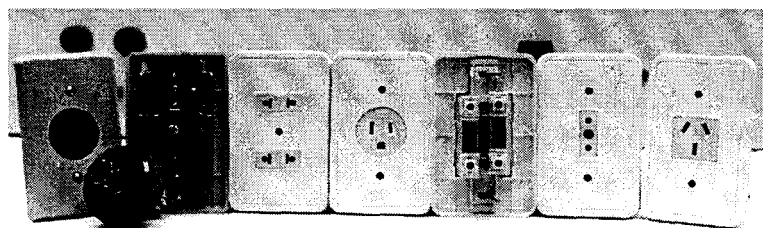


Figura 6.20

Quando estudarmos o capítulo sobre Quadros de Distribuição, veremos de onde surge o condutor PE.

O circuito para iluminação sempre será diferente do circuito de tomadas, ou seja, serão utilizados N_1 e R_1 para a iluminação, e N_2 e R_2 para as tomadas, pois como veremos posteriormente, tanto os circuitos como os condutores são de bitolas diferentes. Como o disjuntor nº 1 ficou para instalar as lâmpadas, então o circuito nº 2 fica para as tomadas.

Esquema multifilar

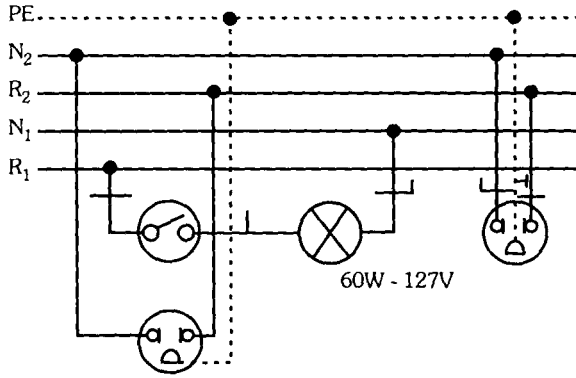


Figura 6.21

Esquema unifilar

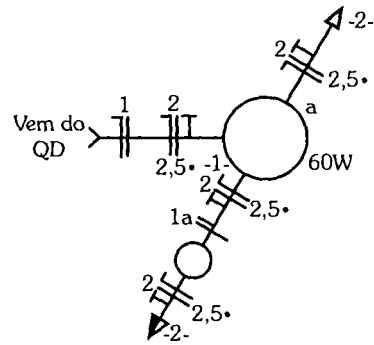


Figura 6.22

Para entender melhor como será executada na prática a instalação do esquema multifilar da figura 6.23, vamos considerar um ambiente qualquer, dispor todos os componentes da instalação e passarmos a fiação.

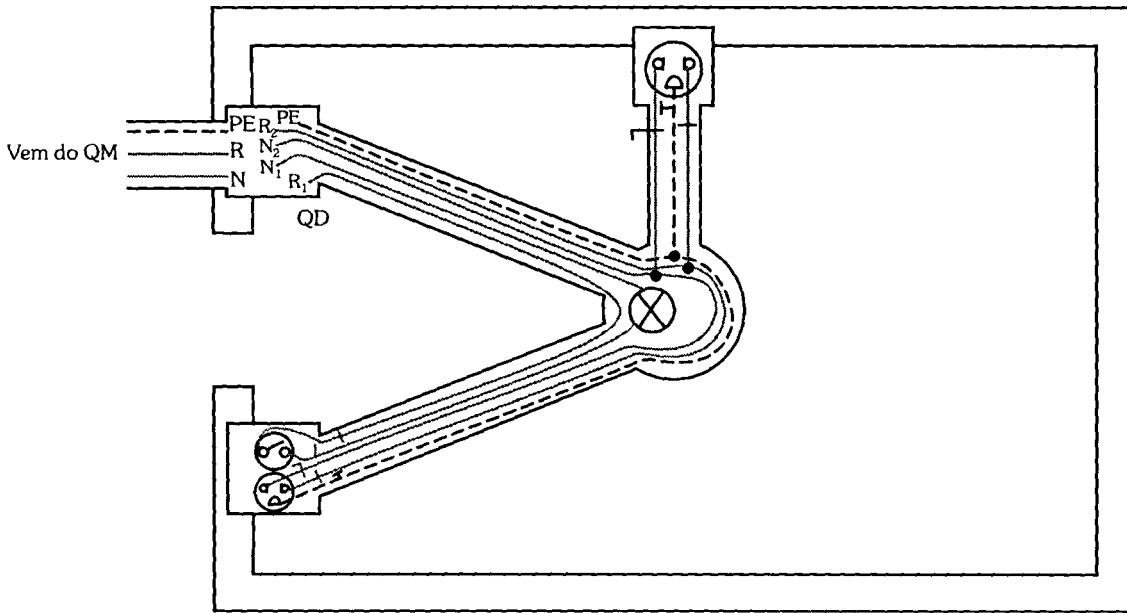


Figura 6.23

Com a instalação da figura 6.23 feita, vamos transformá-la em linguagem de projeto, utilizando o esquema unifilar. Para tanto comparamos as figuras 6.21 e 6.23.

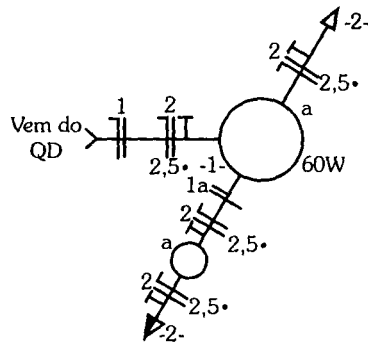


Figura 6.24

E

N
cc
V
el

P
F
P

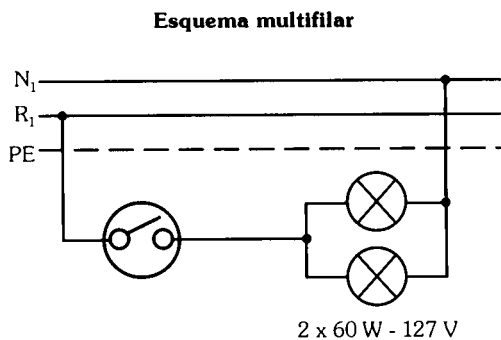


Figura 6.28

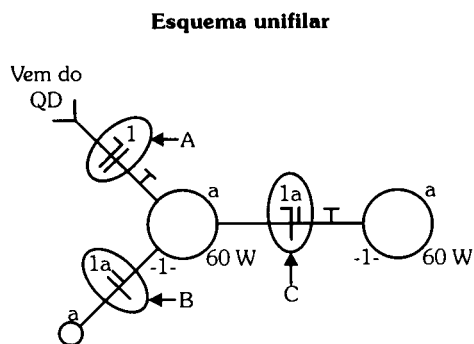


Figura 6.29

Caso não esteja entendendo a quantidade de condutores que está passando nos eletrodutos da figura 6.29, ou não sabe a transformação da forma multifilar para a unifilar, procure dispor os componentes na mesma posição do esquema unifilar.

A alimentação em 127V, N_1 e R_1 , vem do QL. A fase passa diretamente até o interruptor; do interruptor sempre sai o retorno, que é o mesmo fio que vai em um dos lados das duas lâmpadas. Do outro lado das lâmpadas entra o neutro.

Comparando as figuras 6.28 e 6.30, fica fácil entender a transformação da forma multifilar para a forma unifilar. A quantidade de fios do trecho (A) da figura 6.29 é a mesma do trecho (A) da figura 6.30. O trecho (B) da figura 6.29 é igual ao trecho (B) da figura 6.30, e o neutro e o retorno do trecho (C) da figura 6.30 são os mesmos da figura 6.29.

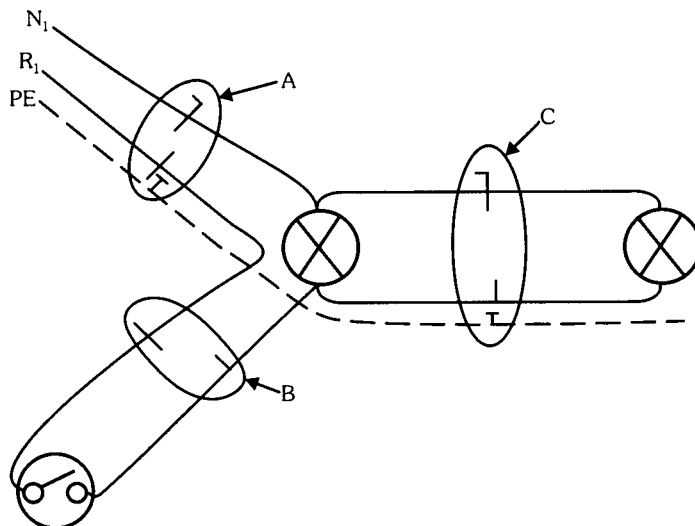


Figura 6.30

A instalação do número do circuito (1), a letra (a) de comando entre as lâmpadas e o interruptor, e a potência das lâmpadas (100W) sempre estarão representadas nos esquemas.

Além da letra de comando (a) indicada no interruptor e nas lâmpadas, a mesma letra será representada em cima do retorno (—|—), até onde ele for, bem como o número do circuito.

A representação da figura 6.28, num projeto elétrico, ficará da seguinte forma:

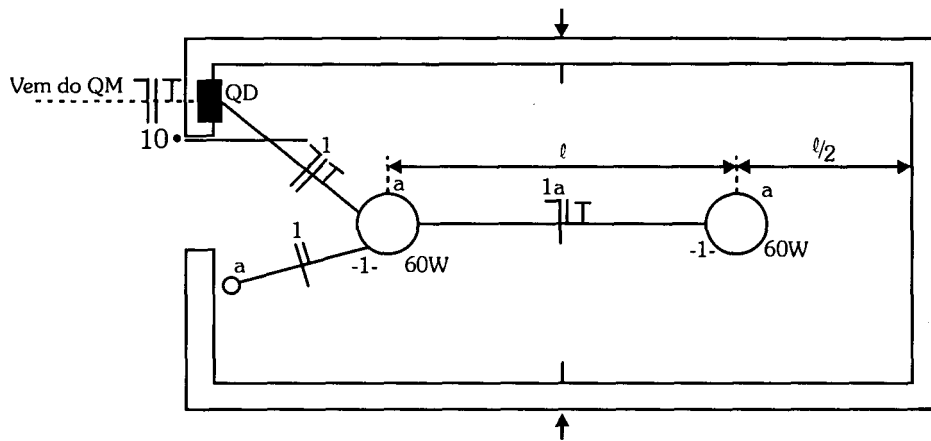


Figura 6.31

Para dois pontos em um mesmo ambiente, acha-se o centro do ambiente e posteriormente traçam-se as diagonais das duas metades.

O traçado das diagonais deve ser feito bem fraco, para não confundir com o traçado dos eletrodutos. Quando temos dois ou mais pontos em um ambiente, deve-se localizá-los de tal forma que a distância entre os pontos (l) seja o dobro da distância entre o ponto e a parede ($l/2$).

Representar os esquemas multifilar e unifilar de uma instalação com duas lâmpadas incandescentes de 60W/127V por um conjunto de interruptor de duas teclas simples.

Esquema multifilar

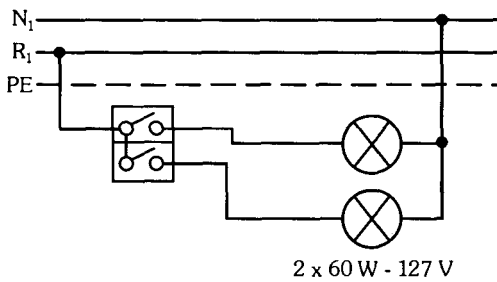


Figura 6.32

Esquema unifilar

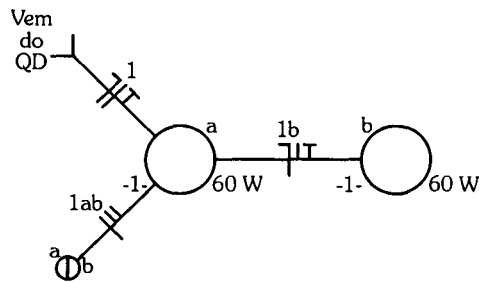


Figura 6.33

Para entender melhor a representação dos retornos, podemos representar as lâmpadas na mesma disposição do esquema unifilar.

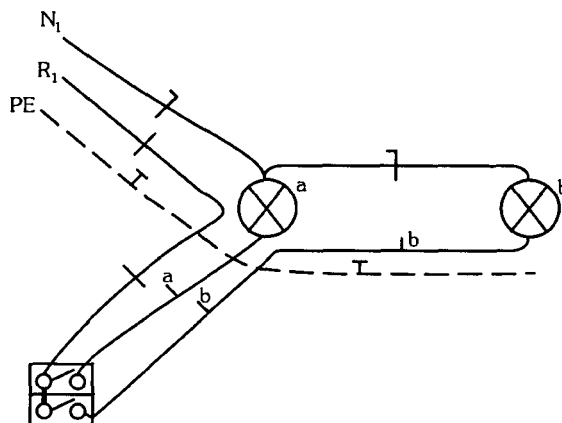


Figura 6.34

Cada interruptor comanda uma lâmpada, desta forma cada retorno vai para sua respectiva lâmpada. A fase é a mesma para os dois interruptores, bem como o neutro é o mesmo para as duas lâmpadas. Somente estão entrando um N_1 e R_1 , pois o mesmo circuito de iluminação será utilizado para um grupo de lâmpadas. Posteriormente, veremos o limite de lâmpadas por circuito.

A representação da figura 6.33 num projeto elétrico ficará:

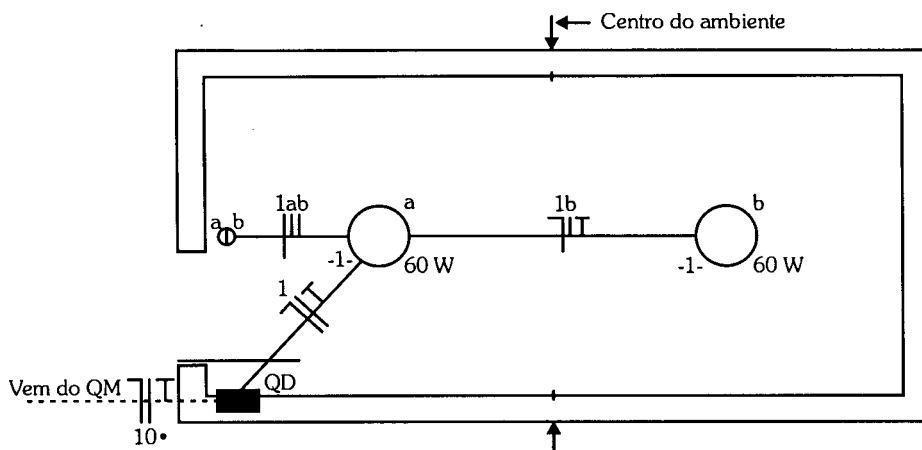


Figura 6.35

Representar um circuito com um conjunto de interruptor de três teclas simples, três lâmpadas incandescentes, sendo uma de 100 W, uma de 60 W e uma de 40 W, e todas as lâmpadas de 127 V.

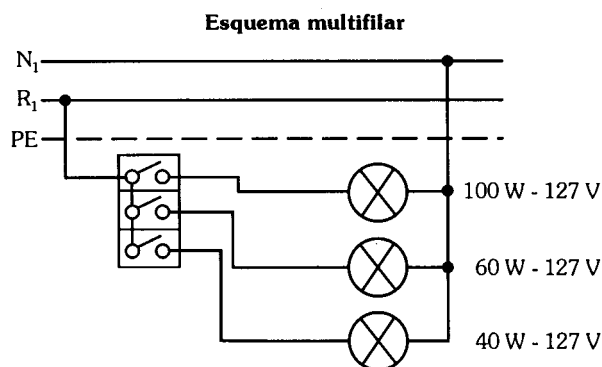


Figura 6.36

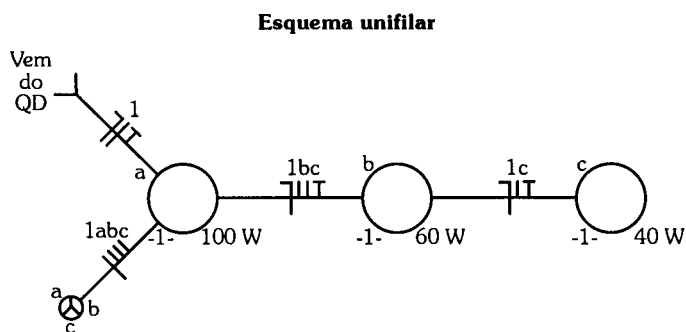


Figura 6.37

Montamos conforme a disposição do esquema unifilar da figura e assim fica fácil entender a representação dos retornos.

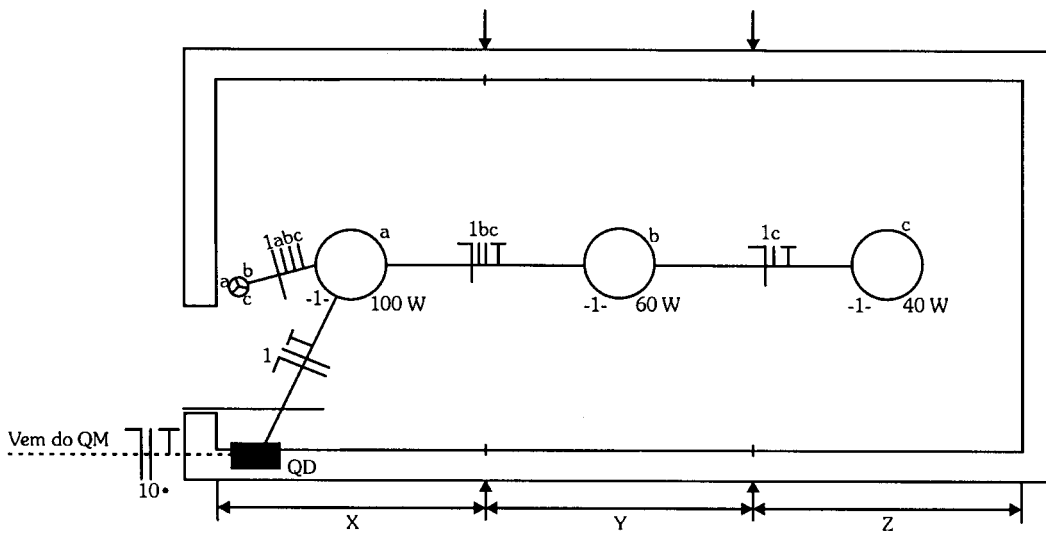


Figura 6.38

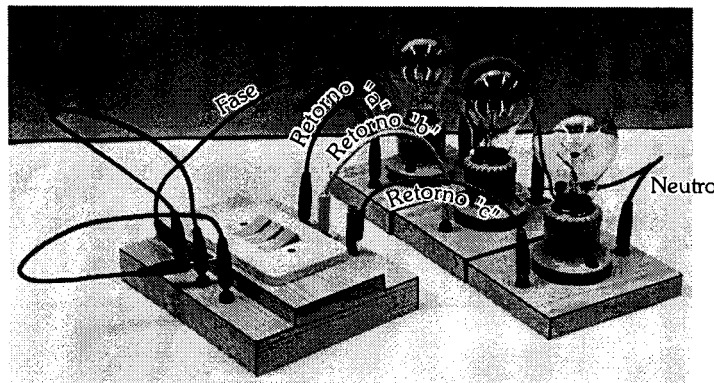


Figura 6.39

Da mesma forma, o projeto da figura 6.37 deve ficar.

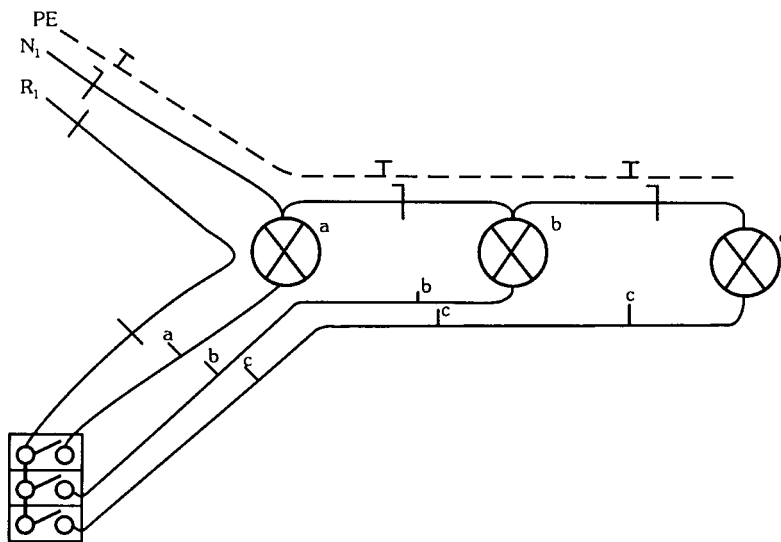


Figura 6.40

Agora que aprendemos como ligar uma lâmpada incandescente com interruptor simples e tomadas, vamos tomar uma peça de uma residência e apresentar em planta baixa.

6.1.2. Perspectiva Cônica

Esta perspectiva apresenta os mesmos componentes da figura 6.44 de forma mais simplificada. Mostra onde então todas as caixas de passagem, o quadro de distribuição e o trajeto de todos os eletrodutos.

QM = Quadro de medição / QL = Quadro terminal de luz

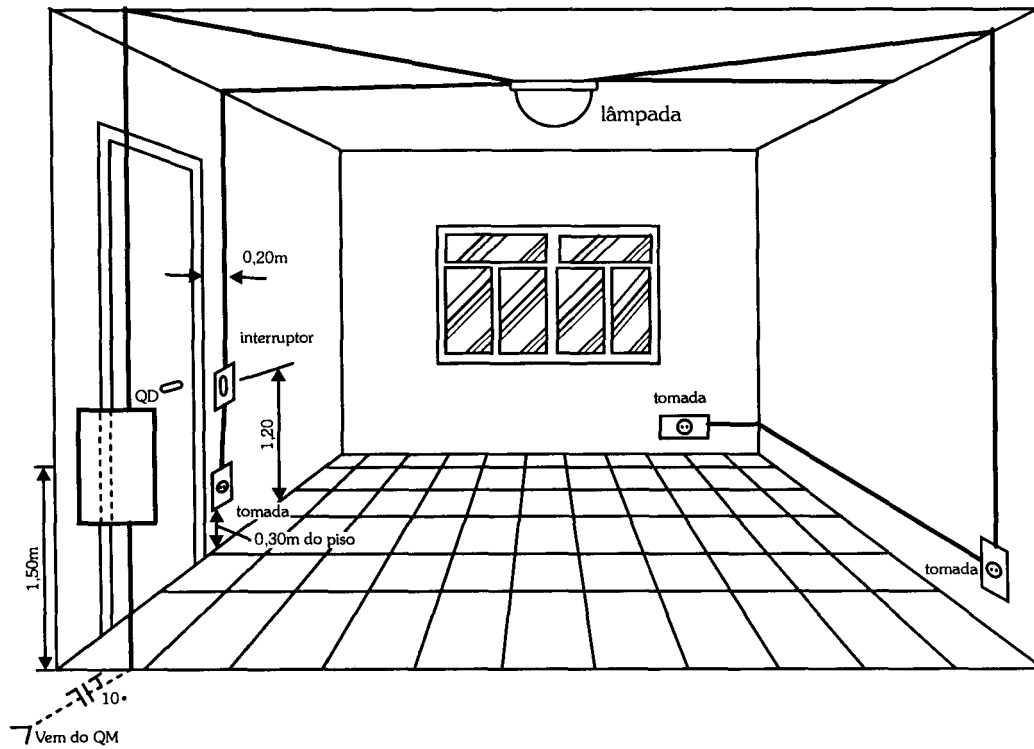


Figura 6.41

6.1.3. Perspectiva Cavaleira

Esta perspectiva representa os mesmos componentes da figura 6.44 de forma mais simplificada.

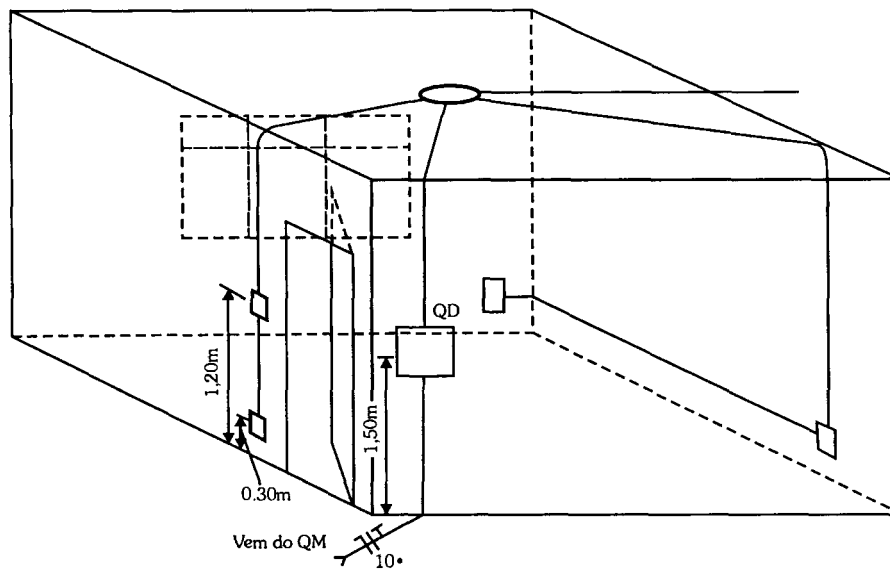


Figura 6.42

6.1.4. Instalações em Eletrodutos

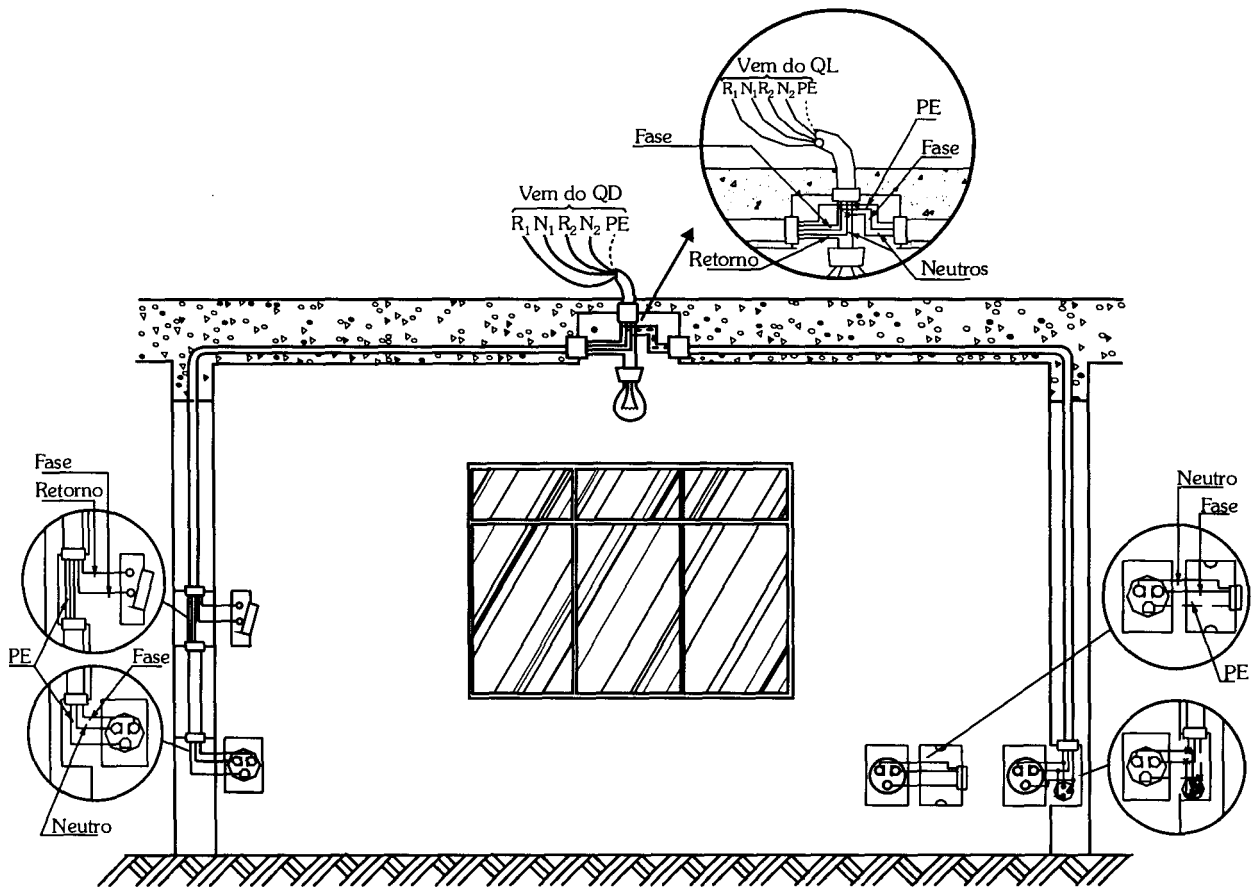


Figura 6.43

Com base nas perspectivas das figuras 6.41 e 6.42 e instalação de eletrodutos, figura 6.43, representaremos o traçado de eletrodutos e fiação partindo do QD, da figura 6.44.

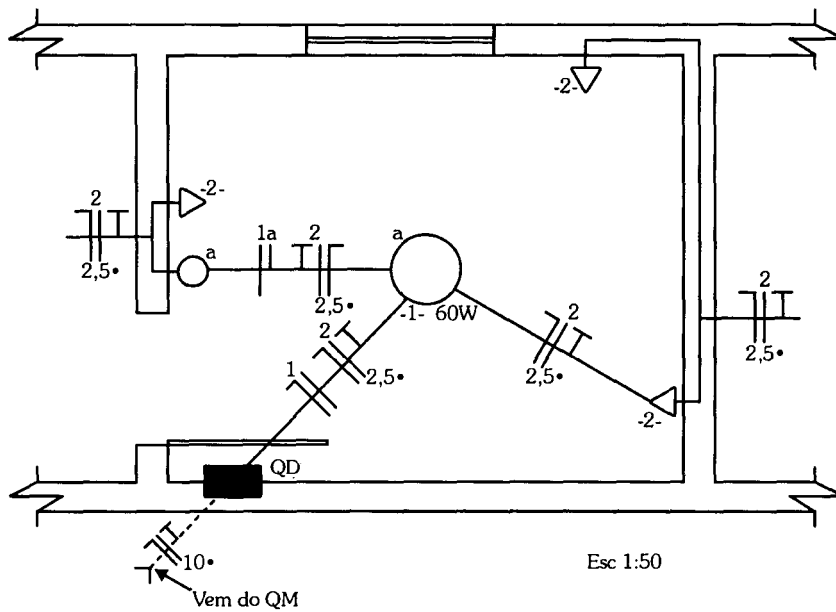


Figura 6.44

Como observamos, as tomadas da figura 6.44 estão ligadas em circuitos separados dos da iluminação, mas nada impede que a fiação de iluminação e das tomadas siga pelo mesmo eletroduto. Para diminuir a bitola dos eletrodutos e reduzir a quantidade de circuitos, é conveniente que a tubulação das tomadas siga pelo piso, conforme a figura 6.45.

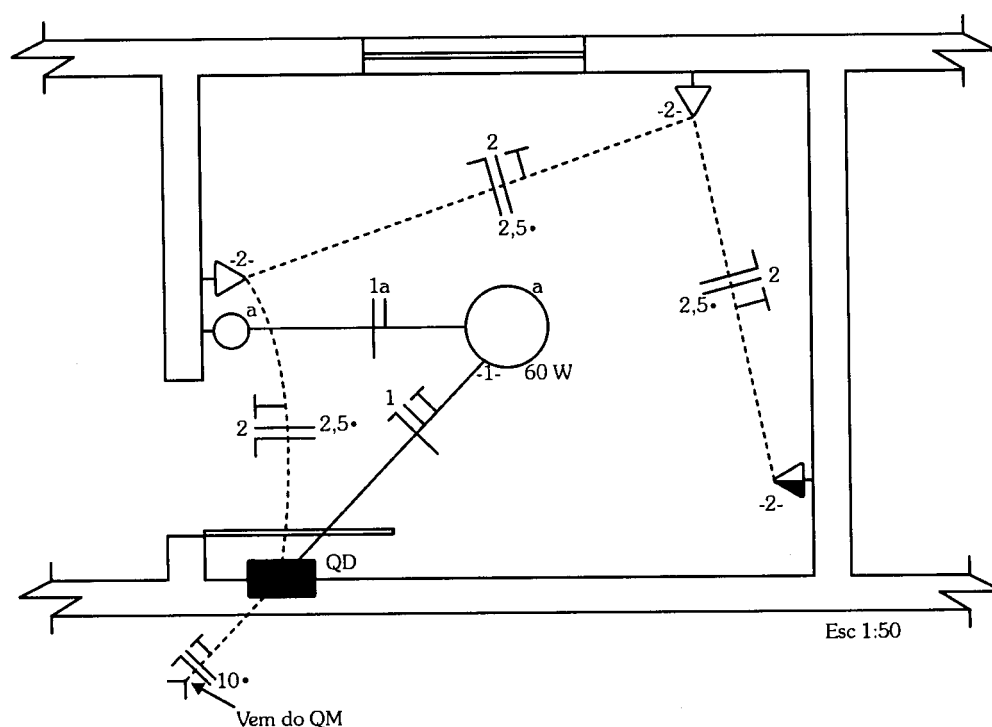


Figura 6.45

Podemos também representar uma instalação de várias formas, inclusive com equipamentos em 220 V.

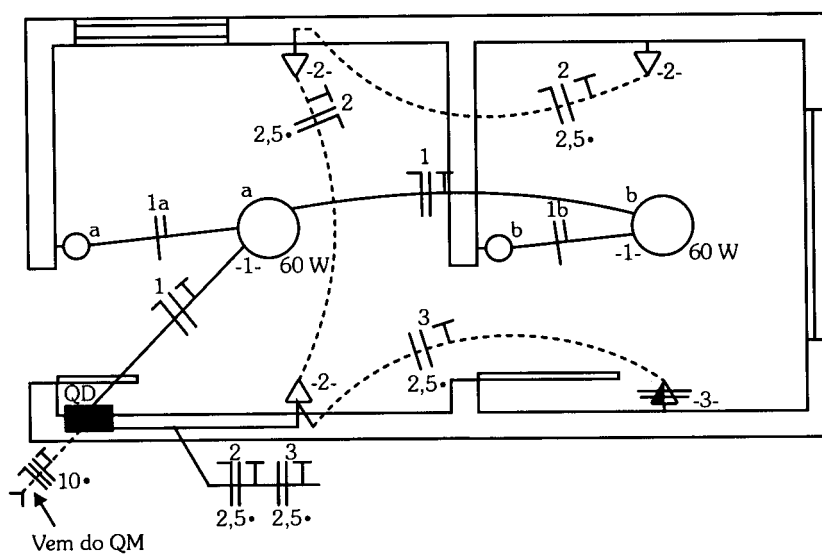


Figura 6.46

A norma determina que em um mesmo eletroduto é possível passar um único condutor terra para atender aos circuitos, sempre utilizando o condutor de seção maior. A derivação para cada circuito utilizará sua respectiva seção (conforme as figuras 6.47 e 6.48).

Observamos que a fiação que vem do QM e vai ao QD da figura 6.46 é (\overline{HIT}) neutro e duas fases e terra, porque dentro da instalação há equipamentos que serão ligados em 127 V ou 220 V. Sempre os pontos de iluminação de um ambiente para outro são interligados pelo teto e, posteriormente, dentro de cada ambiente, ligam-se os seus respectivos interruptores.

Para a instalação do circuito nº 3, em 220 V, seguem duas fases (Sistema Copel) e o condutor de proteção do QD até a respectiva tomada.

Vamos representar lâmpadas com interruptores simples, tomadas 127 V e 220 V, nos esquemas multifilar e unifilar e em planta baixa.

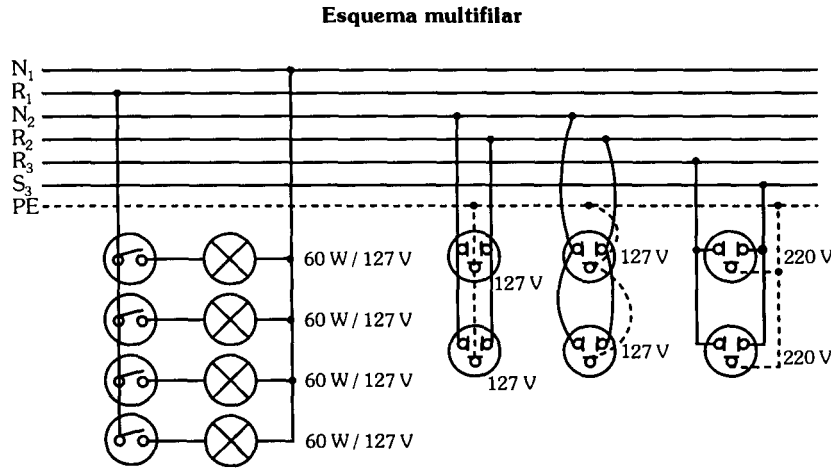


Figura 6.47

Em função do esquema multifilar da figura 6.47, vamos representar o esquema unifilar na figura 6.48.

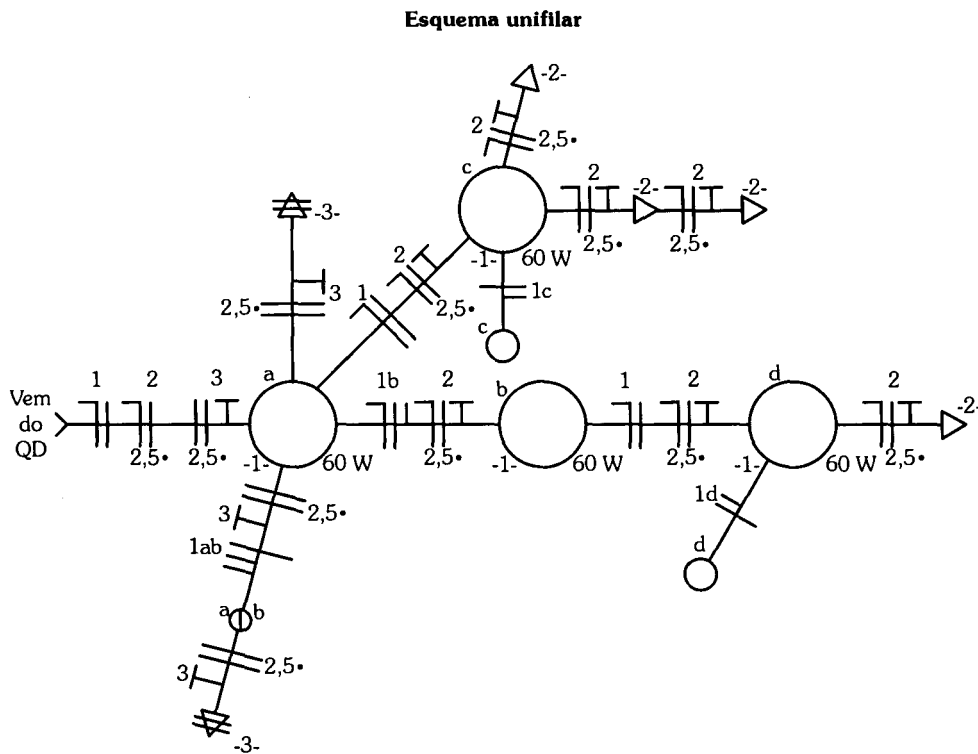


Figura 6.48

Observamos nas figuras 6.47 e 6.48 que tanto a iluminação com as tomadas compartilham da mesma tubulação.

Planta baixa

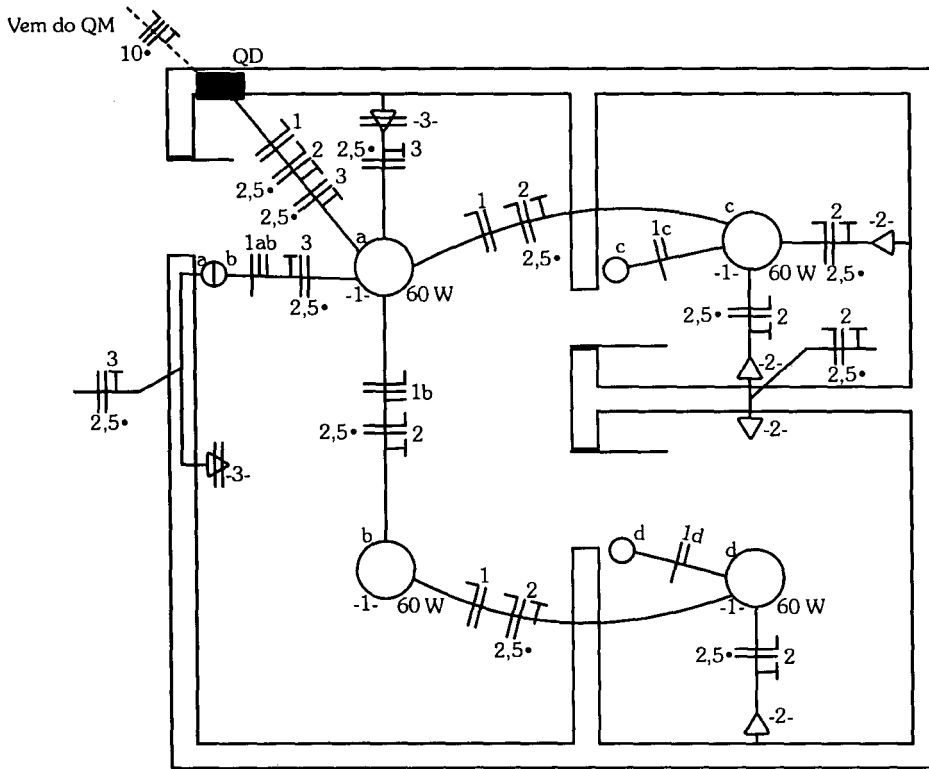


Figura 6.49

Considerando a figura 6.47, se as tubulações da iluminação forem diferentes das tubulações das tomadas, ou seja, a tubulação de iluminação segue pelo teto e a tubulação para as tomadas segue pelo piso, o esquema unifilar e planta baixa das figuras 6.48 e 6.49 ficam da seguinte forma, conforme planta das figuras 6.50 e 6.51.

Esquema unifilar

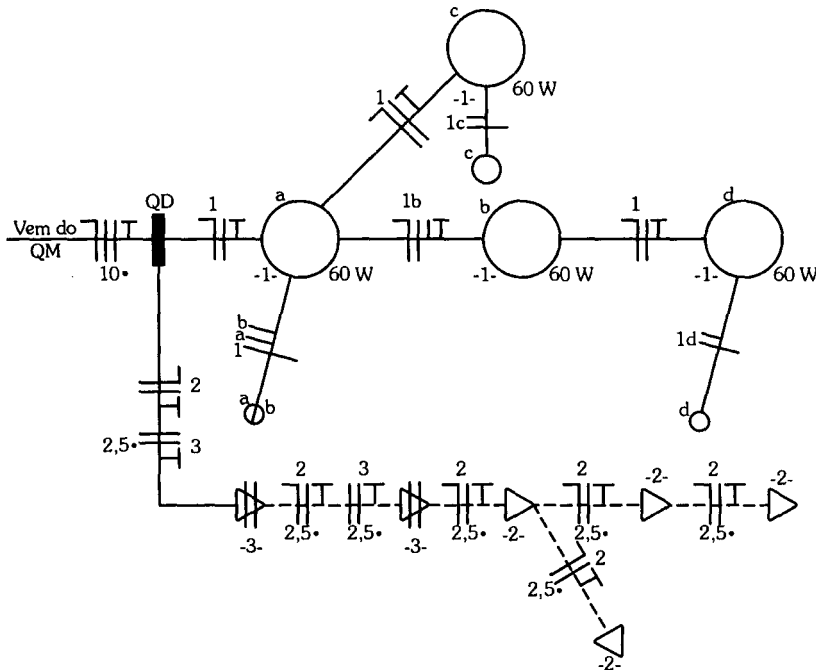


Figura 6.50

Planta baixa

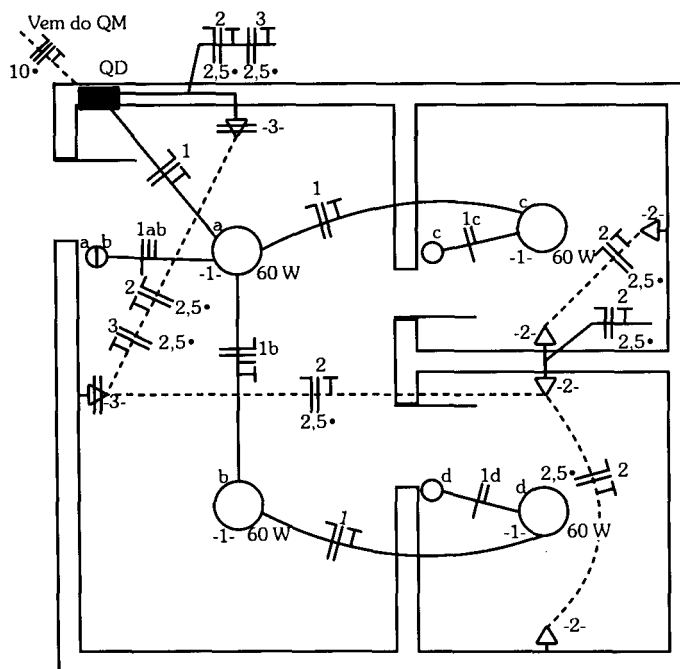


Figura 6.51

6.1.5. Lâmpada Fluorescente

Além de lâmpadas incandescentes, podemos também comandar lâmpadas fluorescentes com interruptores simples. Para o funcionamento desse tipo de lâmpada, há necessidade do reator e seus acessórios, conforme vimos nos capítulos anteriores.

A lâmpada fluorescente é a mesma tanto para 127 V como para 220 V. O que muda é o reator, que é fabricado para 127 V ou 220 V, conforme a necessidade.

6.1.6. Instalação de Lâmpada Fluorescente

Como vimos, encontramos reatores para uma lâmpada, ou reatores para duas lâmpadas fluorescentes, desta forma, em uma luminária para duas lâmpadas fluorescentes, você pode fazer a opção por um dos dois reatores.

No reator, vêm gravadas todas as informações necessárias para a instalação, tais como: tensão, corrente, número de lâmpadas, potência e esquema de ligação.

É importante que se observe em qual dos fios vão ser ligados o neutro e a fase, pois cada um tem a sua posição definida. Para a segurança e bom funcionamento das lâmpadas, é necessário que se aterre a carcaça do reator juntamente com a luminária.

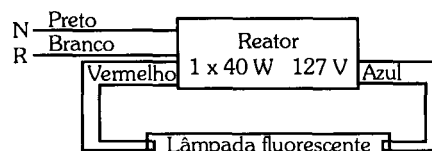


Figura 6.52

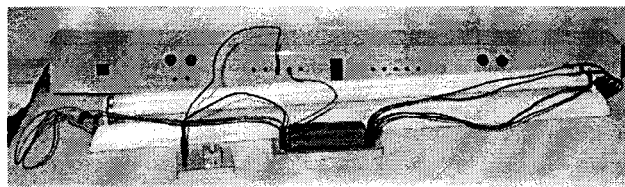


Figura 6.53

O esquema da figura 6.52 deve ser seguido para ligar o reator, soquetes e lâmpadas. Nos condutores preto e branco, será feita a ligação do reator na rede, e onde deve ser feito o comando com interruptor. O reator a ser ligado é de partida rápida de 40W/127V para uma lâmpada fluorescente.

- Notas:** 1. Para o bom funcionamento da instalação, sempre devemos aterrar a carcaça do reator e a luminária.
 2. Observar sempre o **esquema** que vem gravado no reator, pois existem diferenças entre os diversos fabricantes de reatores.

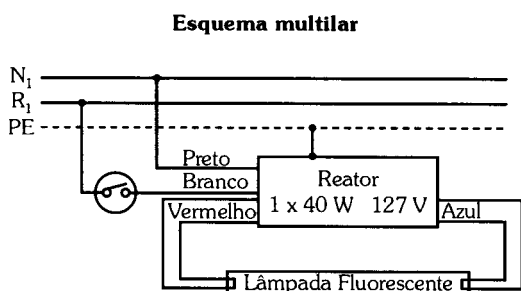


Figura 6.54

Esquema unifilar

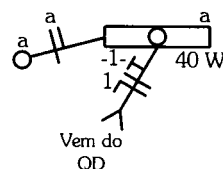


Figura 6.55

Observando o esquema unifilar, figura 6.55, as ligações entre o reator e as lâmpadas não aparecem na representação. Neste esquema, a fase vai até o interruptor e o retorno segue até a lâmpada, pois esta é a forma que aparece nos projetos. Na prática, primeiramente executam-se todas as ligações na luminária, conforme figura 6.54, e posteriormente ligam-se os terminais do reator à rede. É conveniente, sempre antes de instalar a luminária definitivamente, fazer os testes na bancada, para verificar se está funcionando corretamente.

A representação de lâmpadas fluorescentes, num projeto, fica da seguinte forma:

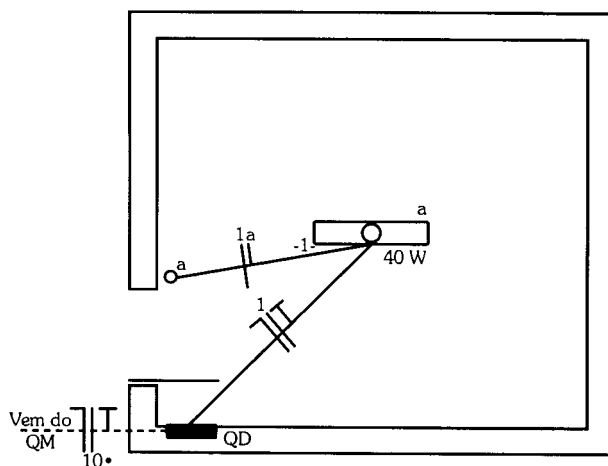


Figura 6.56

Segue-se a mesma linha de pensamento para a instalação de reator para duas lâmpadas fluorescentes de 40W/127V. Primeiramente, observam-se bem a forma de montagem e a ligação do reator.

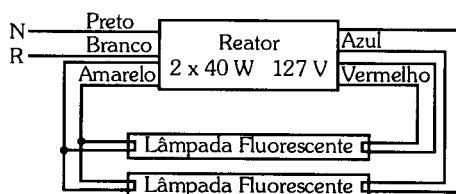


Figura 6.57

Esquema multifilar

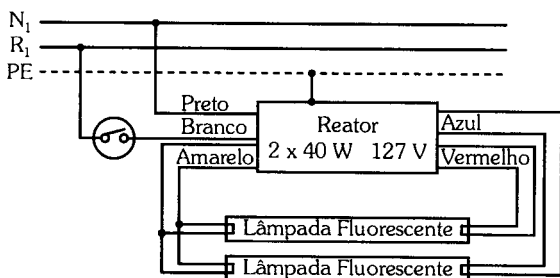


Figura 6.58

Esquema unifilar

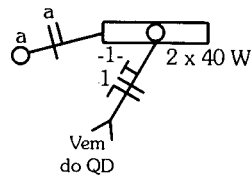


Figura 6.59

Num projeto, a forma da representação é a mesma para uma lâmpada, diferindo apenas na quantidade (2x40W).

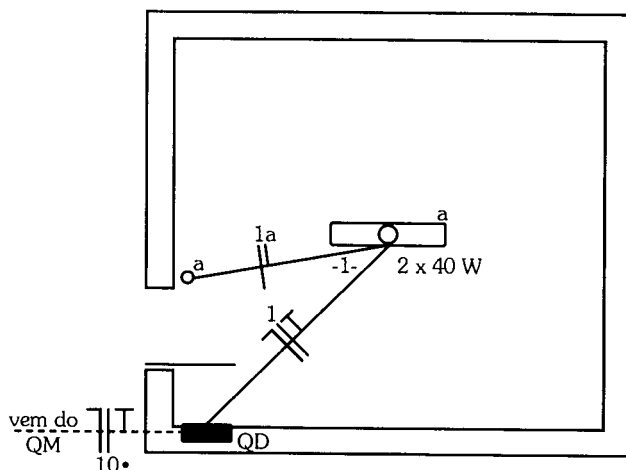


Figura 6.60

Podemos representar a instalação com lâmpadas fluorescentes em dois ambientes. No primeiro ambiente, utilizamos um reator para duas lâmpadas, e no segundo, um reator para uma lâmpada.

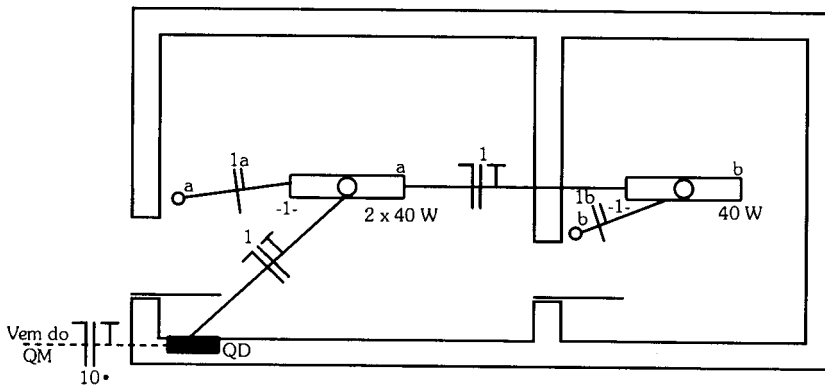


Figura 6.61

Pode ser feita inclusive a representação mista de um projeto, utilizando lâmpadas fluorescentes e incandescentes.

Notas: 1. A seção mínima dos condutores dos circuitos de tomadas é 2,5 mm². 2. A seção dos condutores não especificados é 1,5 mm² (seção mínima usada em instalações elétricas).

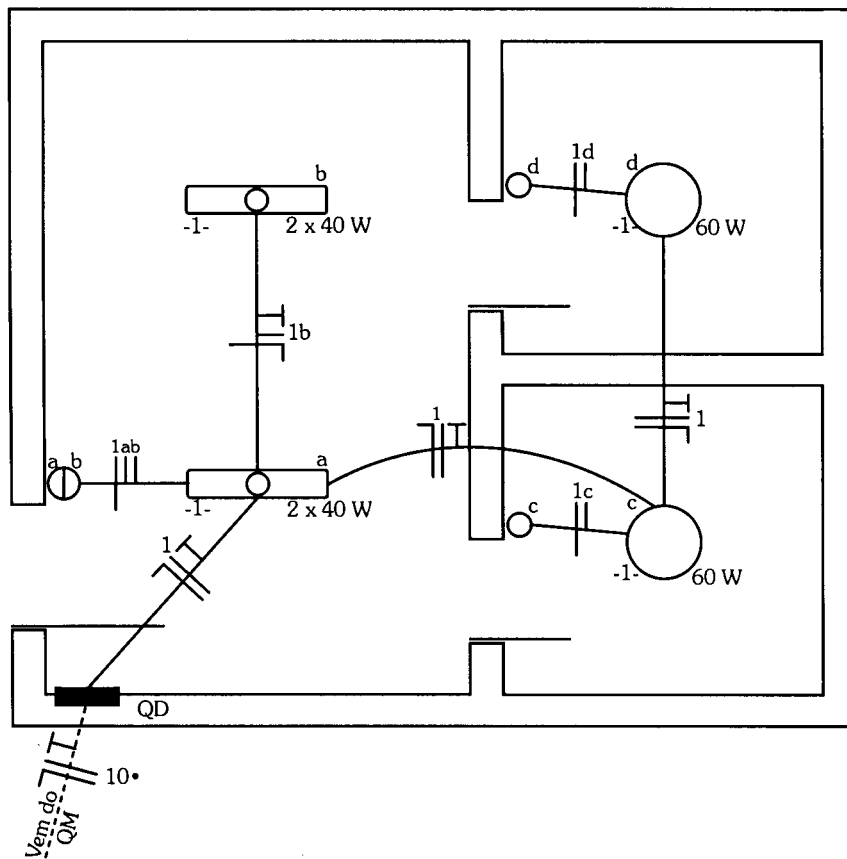


Figura 6.62

A linha curva, que representa o eletroduto interligando os pontos de iluminação de dois ambientes, é assim representada para evitar que o traçado em linha reta passe sobre o símbolo de interruptor e respectiva fiação, dificultando a representação e a interpretação do projeto.

Instalação em 220 V - fase e fase

Em instalações elétricas em geral, deve-se observar o aspecto econômico, sem descuidar das qualidades e segurança que essa atividade exige. Dependendo das dimensões das instalações, com um aumento excessivo da carga ou por um requisito do próprio equipamento, há necessidade de modificarmos a tensão da rede, de 127 V para 220 V (fase e fase), possibilitando com isso a redução da seção dos condutores. Essa ligação somente será utilizada, quando a tensão do equipamento a ser ligado é 220 V (entre fase e fase). Para isso, necessitamos de um interruptor bipolar, conforme a figura 6.63.

Esquema funcional

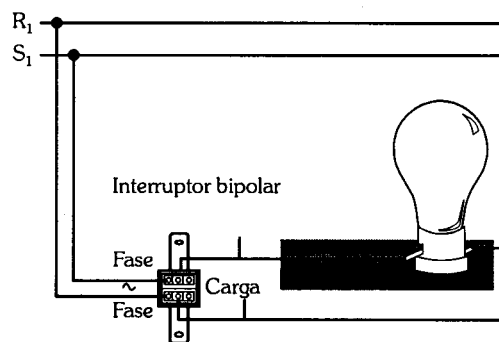


Figura 6.63

A representação de uma instalação elétrica, contendo uma lâmpada incandescente de 60W/220V com interruptor bipolar, será:

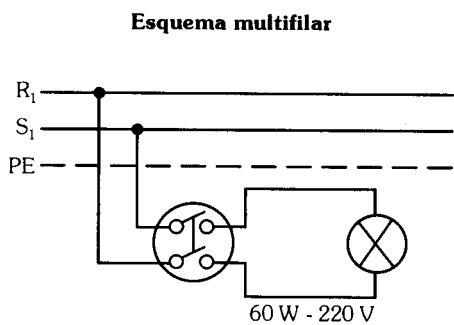


Figura 6.64

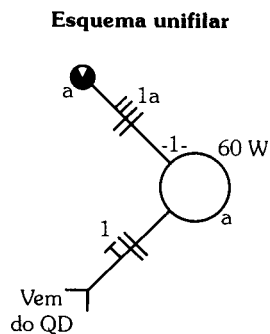


Figura 6.65

Como vimos anteriormente, a fase deve ser seccionada. Assim, como a instalação é em 220 V, as duas fases devem ser seccionadas.

Sempre que tiver dúvidas, redistribua os componentes a serem ligados, na mesma seqüência do esquema unifilar, figura 6.65, e posteriormente trace a fiação, e verá que facilita sua transformação da forma multifilar para a unifilar. As fases entram diretamente no interruptor e os retornos vão um para cada lado da lâmpada.

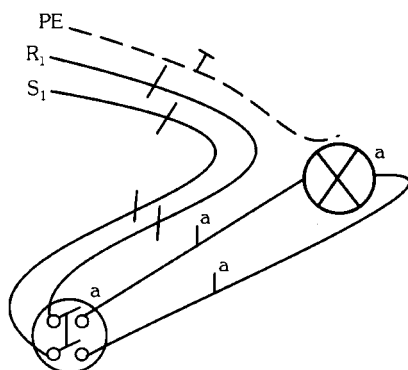
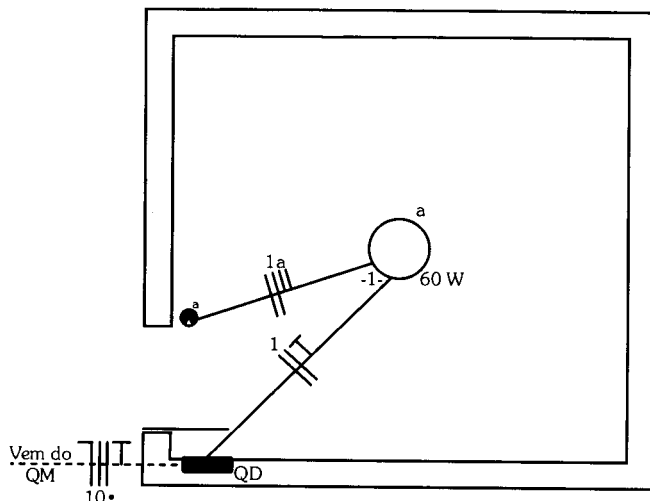


Figura 6.66

Podemos também representar num projeto o comando de uma lâmpada incandescente de 100W/220V por um interruptor bipolar.



Mantendo a mesma seqüência vista anteriormente, podemos também representar a instalação elétrica de duas lâmpadas incandescentes de 60W/220V por interruptor bipolar.

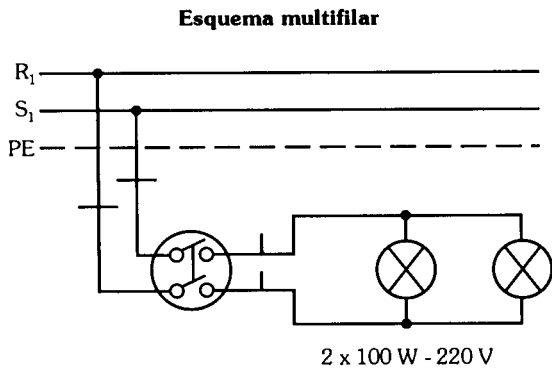


Figura 6.68

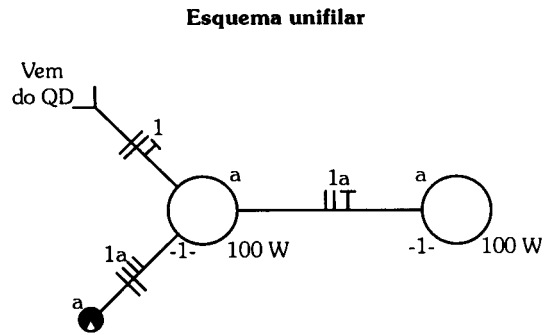


Figura 6.69

Para facilitar a transformação, é possível distribuir os componentes conforme a figura 6.68, e traçar a fiação. Comparando trecho a trecho as figuras 6.69 e 6.70, fica fácil entender a representação da fiação.

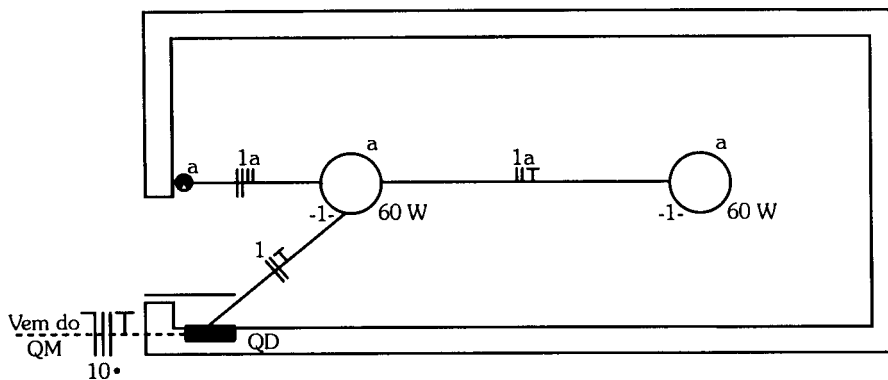


Figura 6.70

Conforme o esquema da figura 6.69, é possível representar a instalação das lâmpadas num projeto.

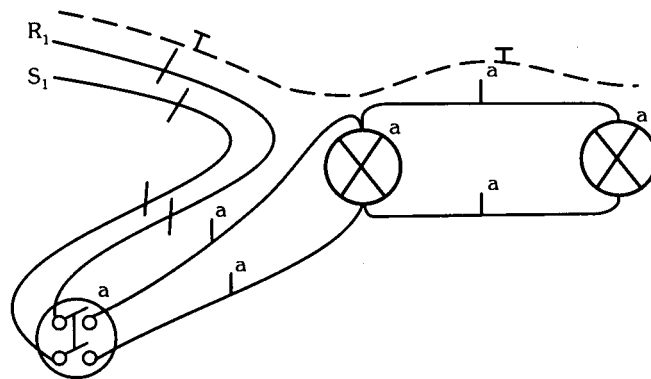


Figura 6.71

Da mesma forma, se a tensão for 220 V, podemos alimentar várias lâmpadas de igual tensão, sempre ligadas entre duas fases.

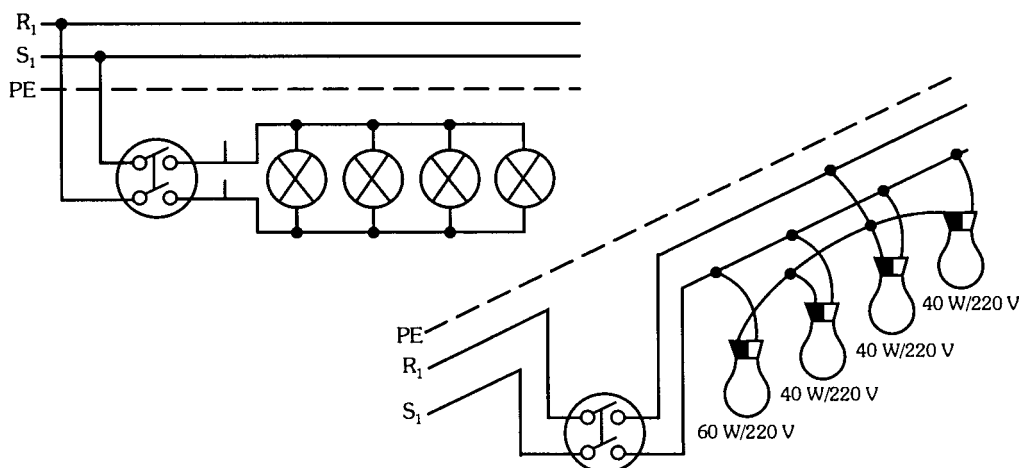


Figura 6.72

6.2. Interruptores Paralelos

6.2.1. Introdução

Os interruptores paralelos são usados quando desejamos comandar uma lâmpada ou um grupo de lâmpadas por dois pontos diferentes, evitando caminhadas desnecessárias, proporcionando maior comodidade ao usuário.

Os interruptores paralelos podem ser utilizados nos seguintes locais:

- **Escadarias:** instalam-se um interruptor no início do lance da escada (base da escada) e outro no final da (topo ou patamar) escada.
- **Corredores:** são instalados nos acessos do corredor, na posição que proporcione melhor comodidade.
- **Quartos:** um interruptor é instalado no lado oposto da abertura da porta e o outro, na cabeceira da cama.
- Podem também ser utilizados em outros locais, como, por exemplo: sala, cozinha, copa, etc., ou sempre que se deseja evitar retornar ao mesmo ponto para ligar ou desligar a lâmpada.

O **interruptor paralelo** é também chamado de "**three-way**" (três vias ou três caminhos).

Os interruptores paralelos, ou three-way, possuem três terminais, sendo um deles denominado terminal comum, pois é nesse terminal que será ligada a fase, ou retorno para as lâmpadas.

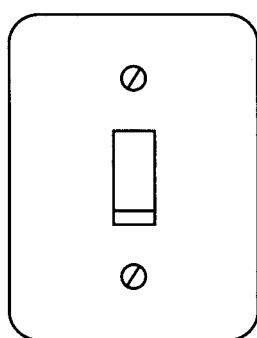


Figura 6.73

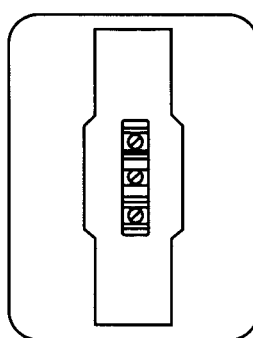


Figura 6.74

Interruptor paralelo de uma tecla de embutir.

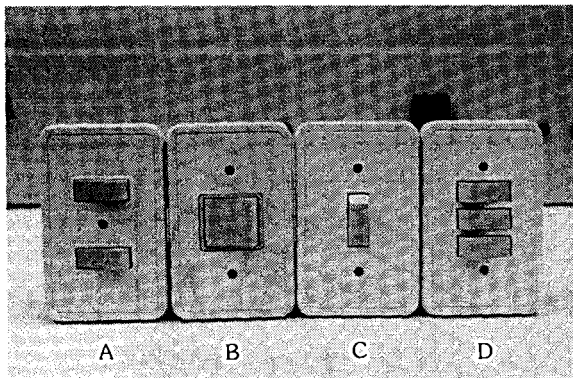


Figura 6.75 - Interruptores paralelos vistos de frente.
 A - Duas teclas; B - Bipolar; C - Uma tecla; D - Três teclas.
 Cortesia: Pial-Legrand.

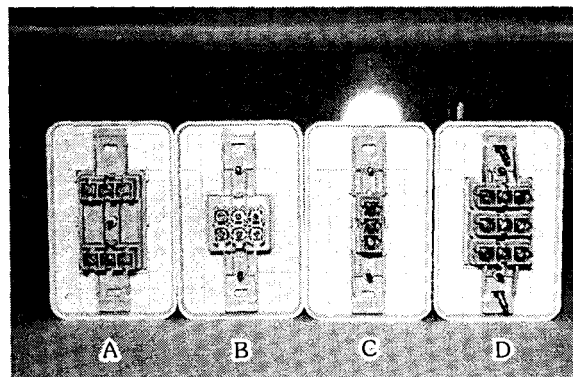


Figura 6.76 - Interruptores paralelos vistos de trás.
 Cortesia Pial-Legrand.

Como instalar corretamente uma lâmpada incandescente de 100 W-130 V, comandada por dois interruptores paralelos.

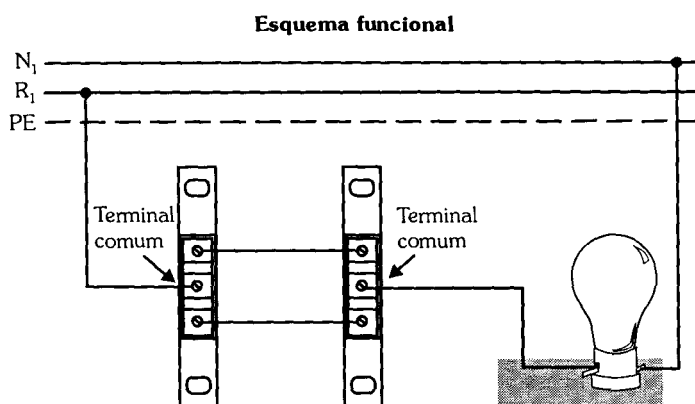


Figura 6.77

Observação: Nos interruptores paralelos, o terminal comum sempre é o do meio, ou seja, o ponto comum de um dos interruptores vai para a fase, e o ponto comum do outro vai para a lâmpada.

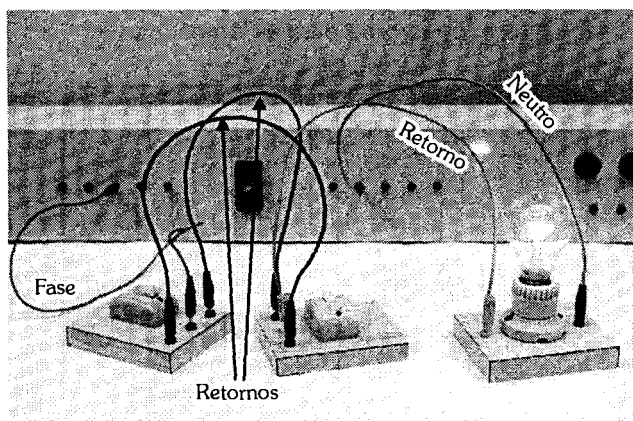


Figura 6.78 - Montagem didática.

6.2.2. Funcionamento

Na figura seguinte observe as ligações internas e o caminho da corrente quando a lâmpada está acesa. Se acionarmos o interruptor da direita, a lâmpada acende, e apaga se acionarmos o interruptor da esquerda e assim consecutivamente.

Observação: No esquema multifilar, o terminal comum sempre é aquele de onde sai o vetor (flecha).

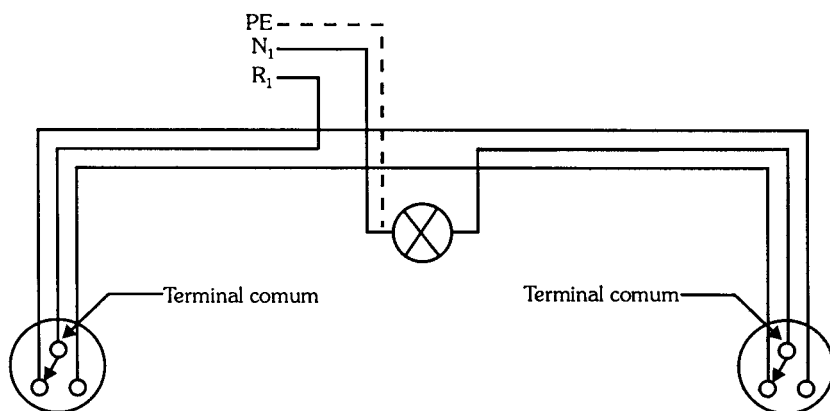


Figura 6.79

Podemos também representá-lo de outra forma:

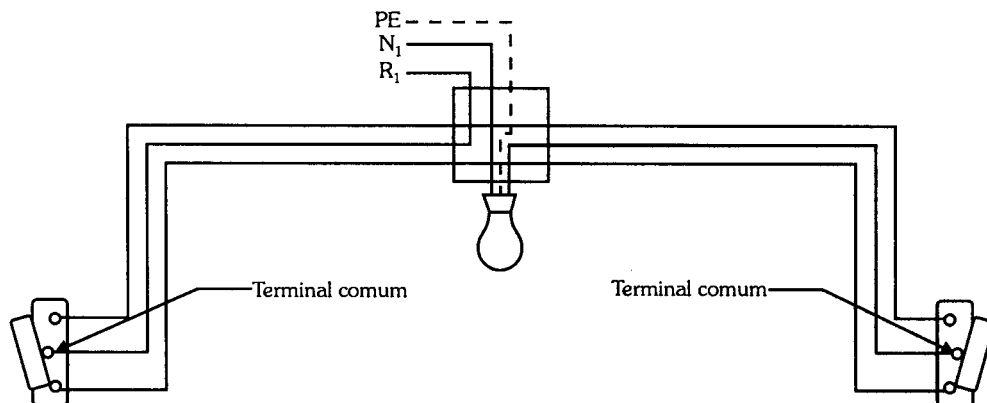


Figura 6.80

Os esquemas das figuras 6.79 e 6.80 devem ficar da seguinte forma:

Esquema multifilar

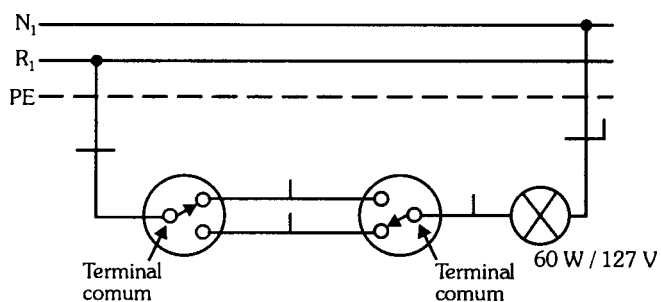


Figura 6.81

Esquema unifilar

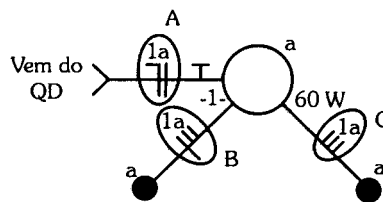


Figura 6.82

Na prática, o esquema da figura 6.81 será instalado conforme em seguida.

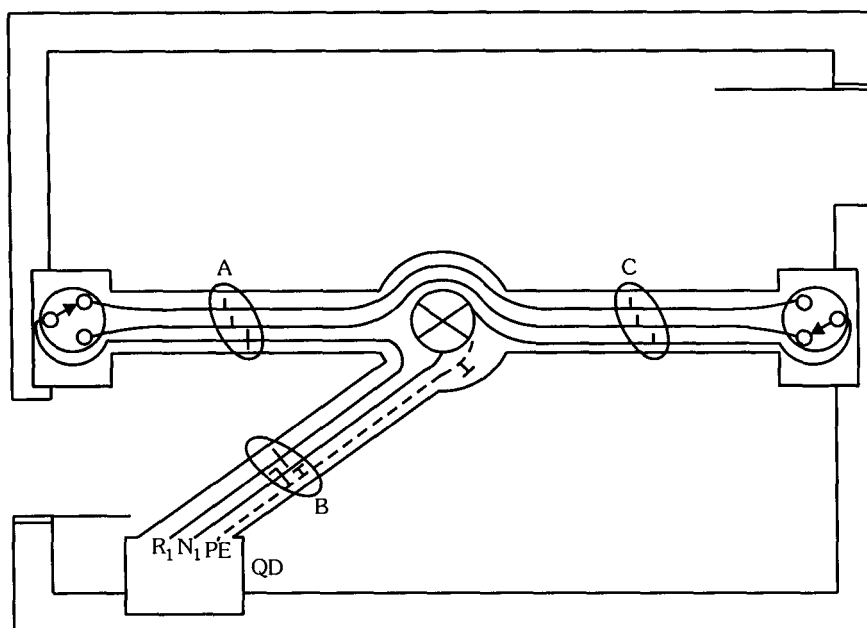


Figura 6.83

Caso você não tenha entendido a transformação da forma multifilar, figura 6.81, para a forma unifilar, figura 6.82, então distribua os componentes, na mesma seqüência, e efetue as ligações.

Comparando as figuras 6.82, 6.83 e 6.84, observamos o seguinte.

No trecho A, temos o neutro (N_1) e a fase (R_1), que vêm do quadro de terminal de luz (QD). No trecho B, a fase entra diretamente da rede até o interruptor, saindo dois retornos que vão sempre diretamente ao outro interruptor. No trecho C, temos os dois retornos que chegaram do primeiro interruptor e o retorno que sempre sai e vai até a lâmpada.

Há situações em que encontramos dois pontos de luz num mesmo ambiente, e as mesmas lâmpadas são comandadas por um único par de interruptores.

As lâmpadas sempre serão ligadas em paralelo.

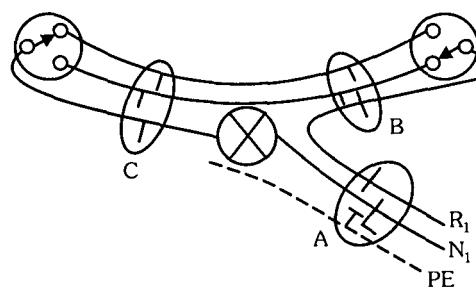


Figura 6.84

Esquema multifilar

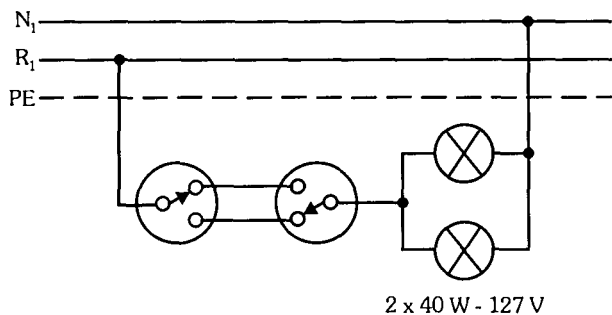


Figura 6.85

Esquema unifilar

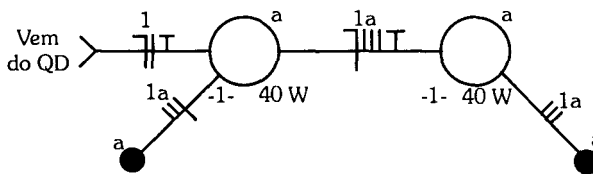


Figura 6.86

6.2.4. Perspectiva Cavaleira

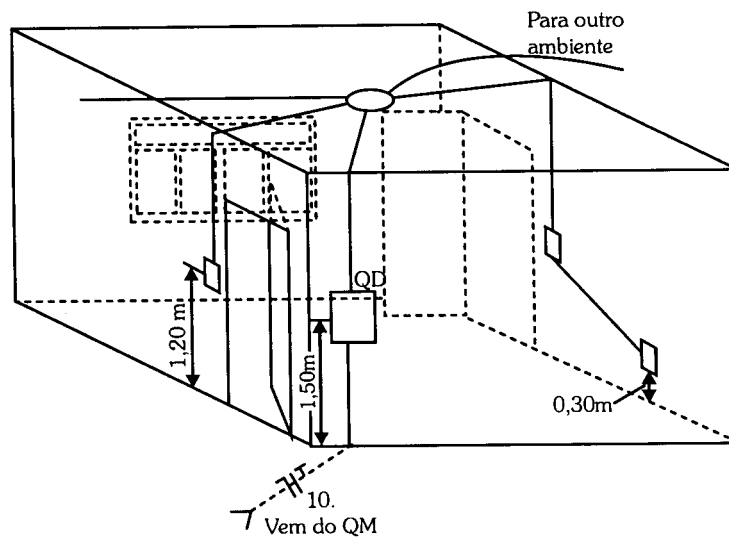


Figura 6.89

6.2.5. Instalação em Eletrodutos

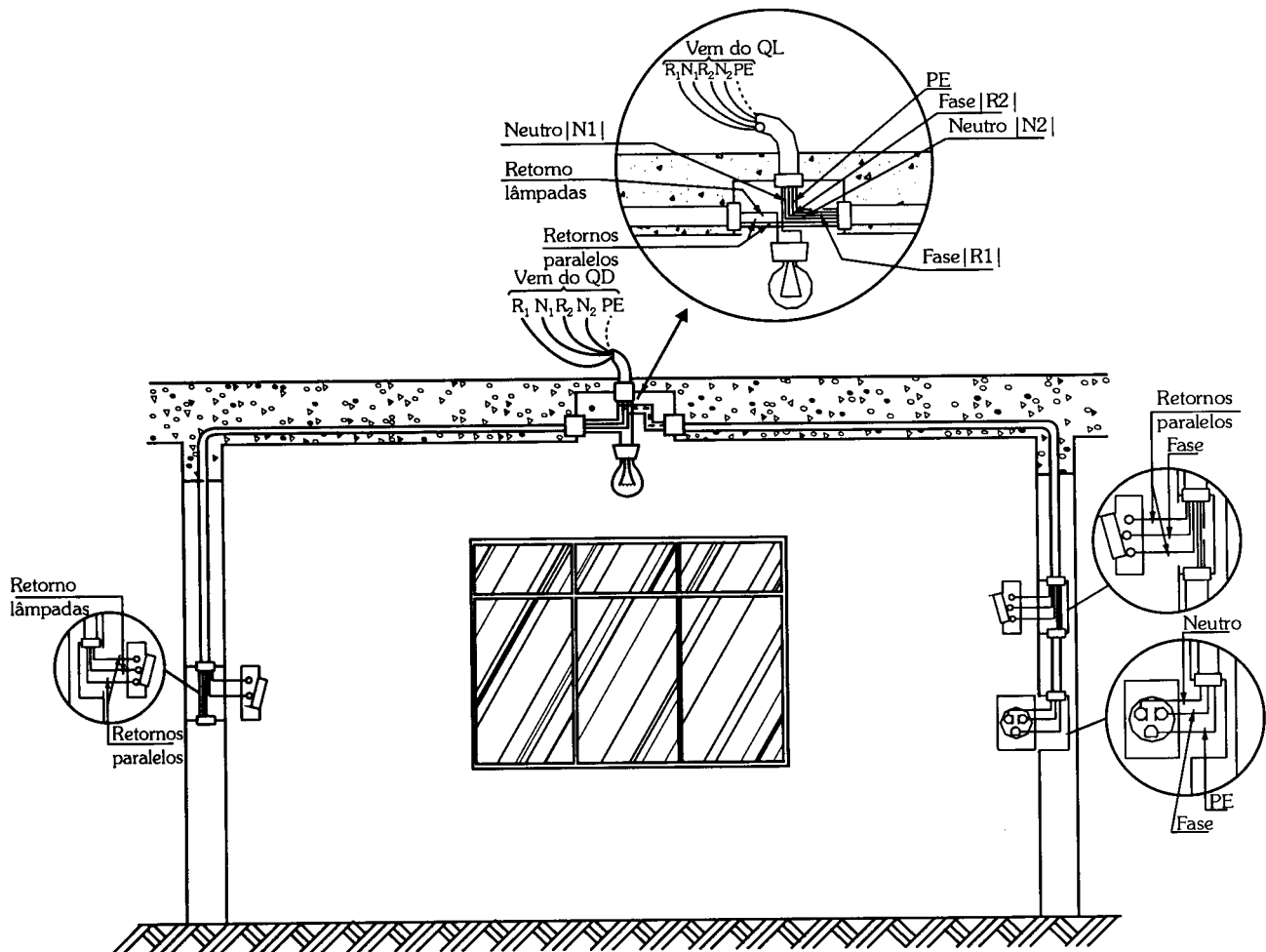


Figura 6.90

Podemos também fazer a instalação elétrica de prumadas, em escadas, conforme a figura 6.93.

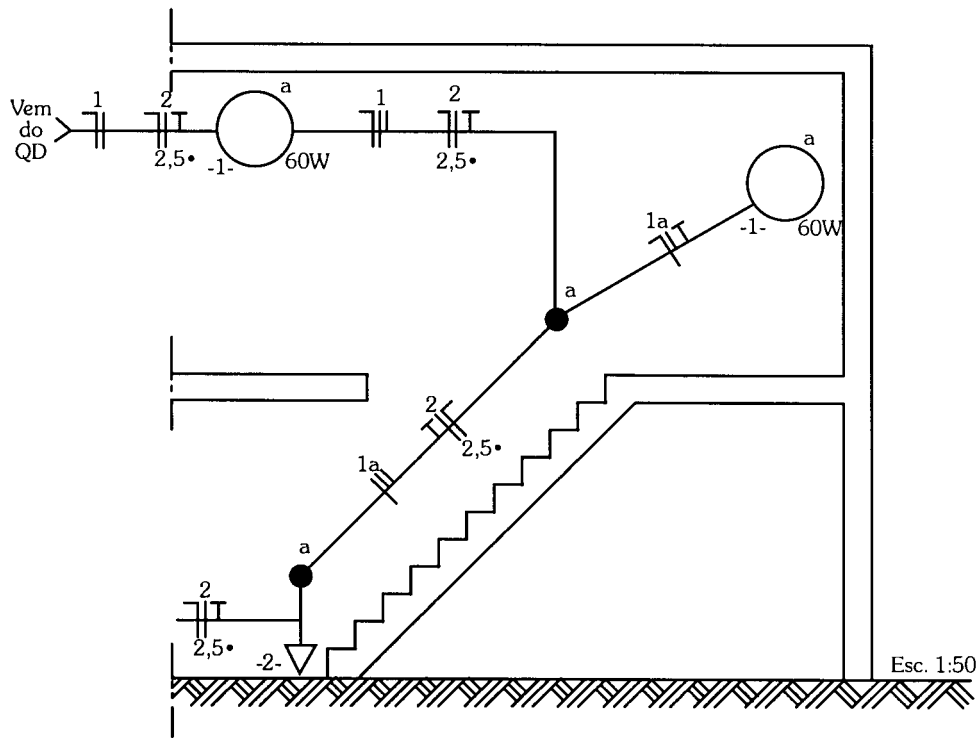


Figura 6.93

Para facilitar e entender a representação dos retornos, distribua os componentes de acordo com a figura 6.94.

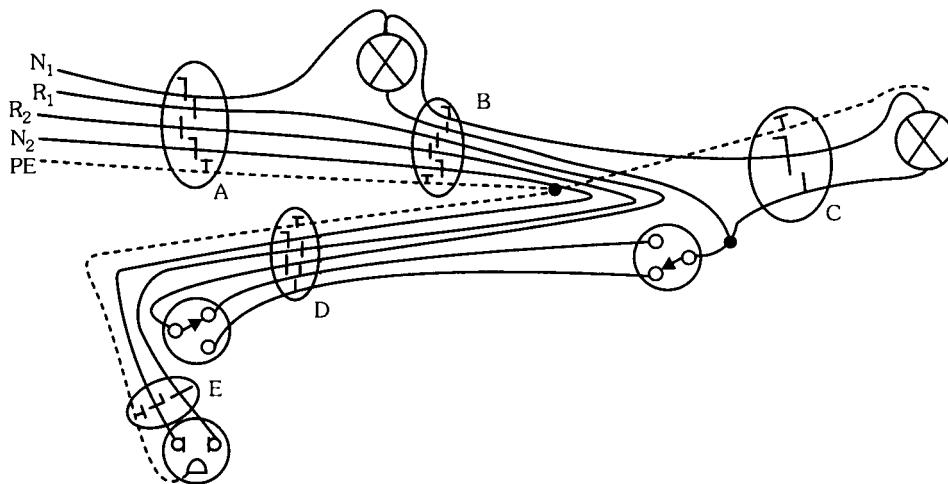


Figura 6.94

Comparando as figuras 6.93 e 6.94 nos trechos A, B, C, D e E, verificamos que a quantidade de condutores é a mesma.

Ainda trabalhando com prumadas, apenas mudamos de posição as lâmpadas da figura 6.93 e realizamos a representação da fiação.

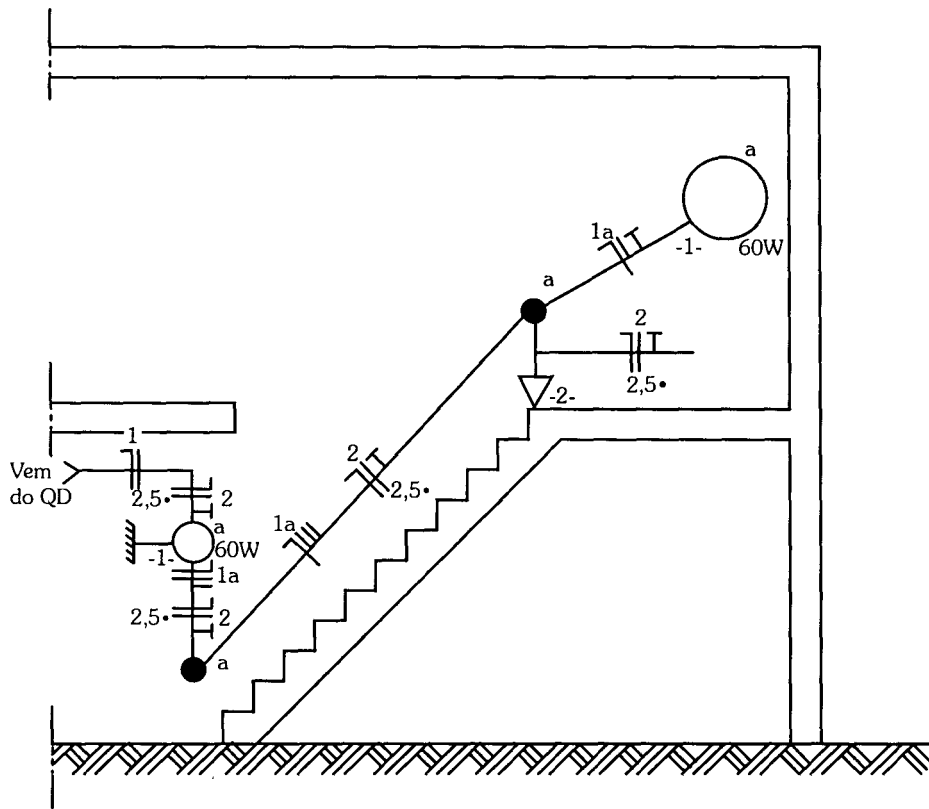


Figura 6.95

Redistribuímos os componentes, conforme a figura 6.95, e representamos a fiação.

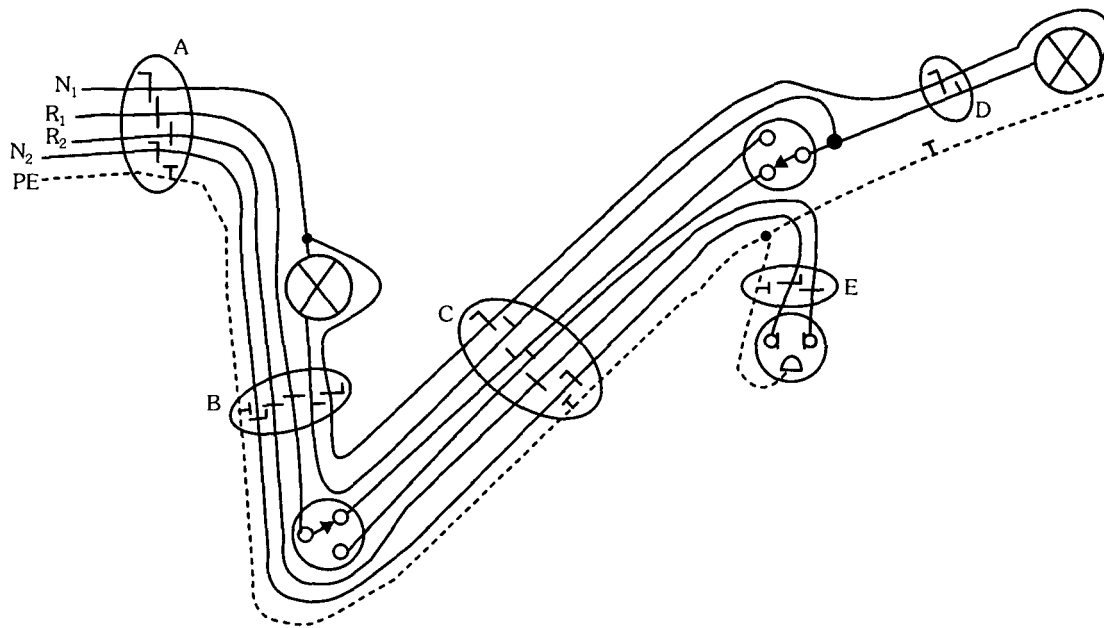


Figura 6.96

Compare os trechos e verifique que é fácil entender a representação da fiação.

Veja a importância de entender a transformação do esquema multifilar no esquema unifilar, pois apenas mudando a disposição dos componentes, muda-se a quantidade de retornos.

Lembre-se: Para que você tenha o comando por dois pontos diferentes, **sempre** deve utilizar dois interruptores paralelos; caso contrário, com apenas um interruptor, você terá um comando simples, ou seja, **o interruptor paralelo funciona como interruptor simples, conforme a figura 6.97.**

Aprendemos a representar a fiação para a instalação de prumadas em escadas. Mas como é feita a representação em projetos?

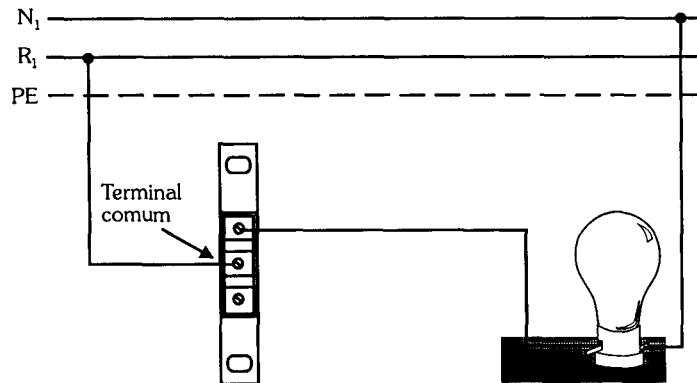


Figura 6.97

Vamos trabalhar, por exemplo, com a escada de um sobrado qualquer. Primeiramente representamos a fiação na prumada, como indica a figura 6.98.

6.2.7. Prumada

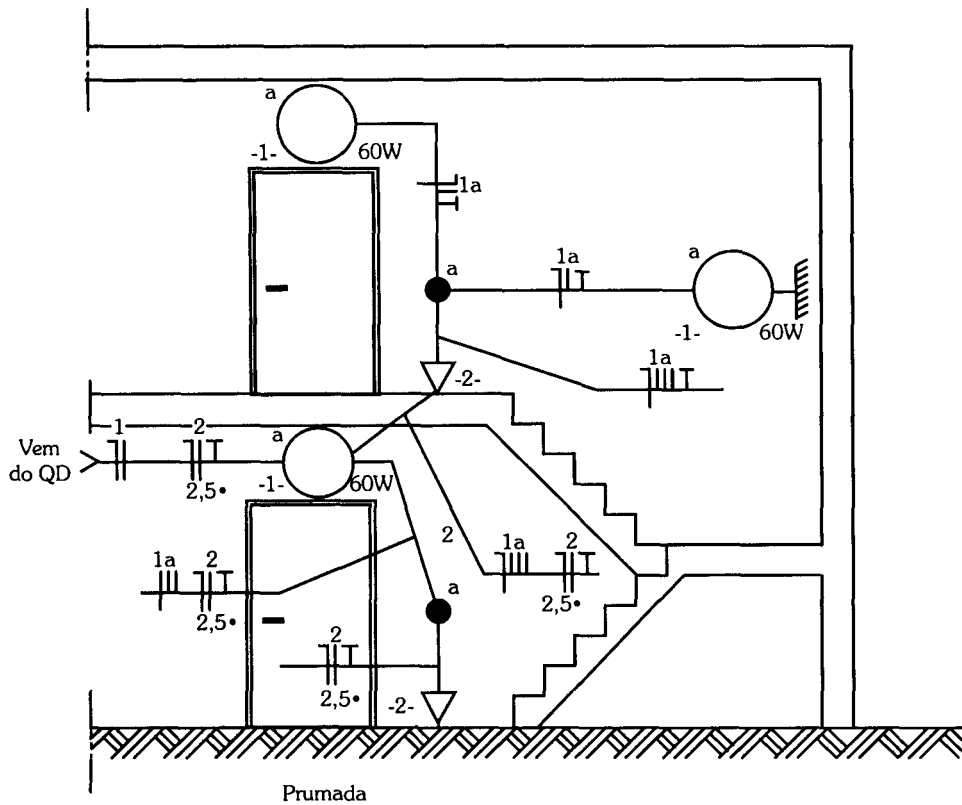


Figura 6.98

Observação: A representação da figura 6.100 é somente para ilustrar ou facilitar o entendimento do que vai ser feito. O projeto mostra a representação dos desenhos das figuras 6.99 e 6.100.

A representação é feita em dois cortes, em que primeiramente aparece a representação do pavimento térreo, de acordo com a figura 6.99.

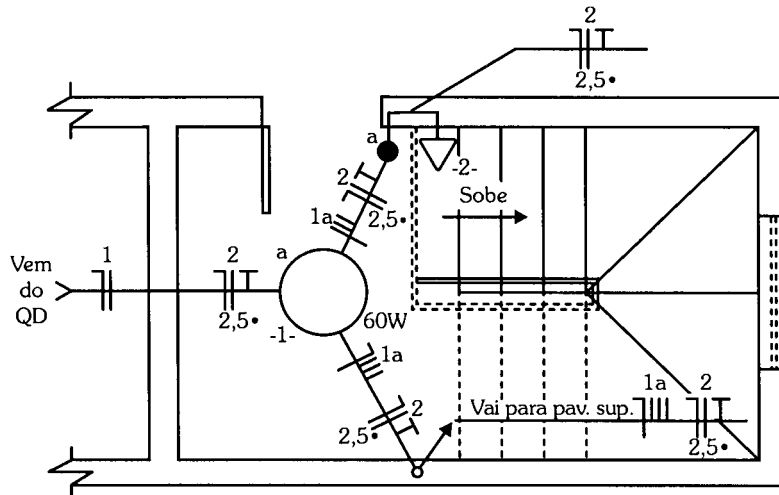


Figura 6.99 - Pavimento térreo.

Em seguida, representamos o outro corte, que mostra o pavimento superior, conforme a figura 6.100.

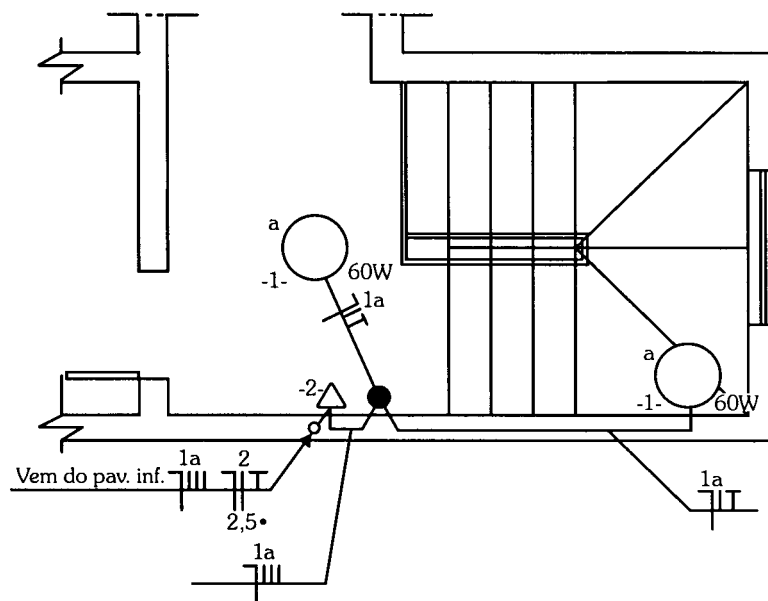


Figura 6.100 - Pavimento superior.

Observe que a fiação que segue na instalação entre os dois pavimentos recebe os nomes de **vai para o pavimento superior**, quando segue para o pavimento superior, e **vem do pavimento inferior**, quando você está no pavimento superior, e recebe os condutores que vêm do pavimento inferior.

Utilizando os conhecimentos da instalação de interruptores simples e paralelos, podemos transferir esses conhecimentos para instalar uma planta, conforme a figura 6.101.

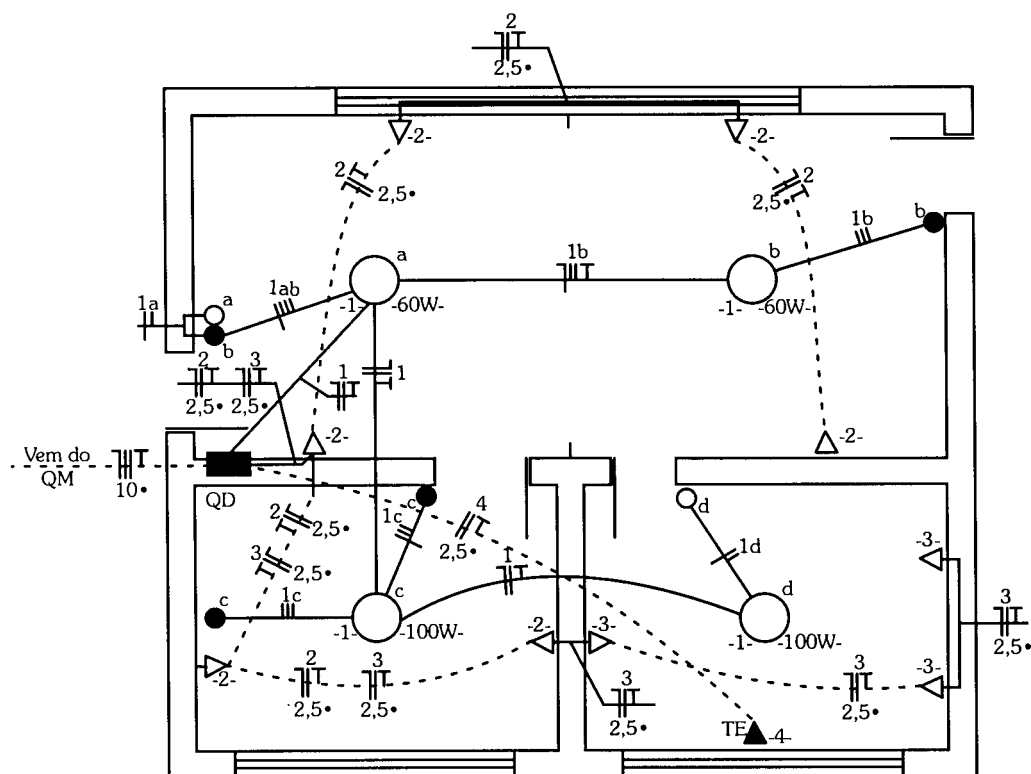


Figura 6.101 - Detalhe que mostra o novo trajeto do circuito 2 na saída do QL.

Nota: O trajeto do circuito 2 que sai do QD até a primeira tomada pode, eventualmente, ser feito pela parede, conforme figura 6.101.

É possível também comandar lâmpadas fluorescentes por interruptores paralelos, como indica a figura 6.102.

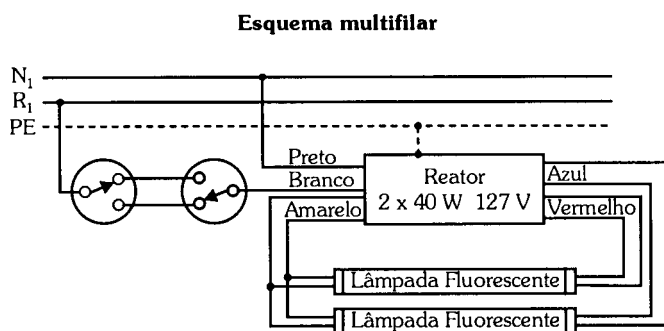


Figura 6.102

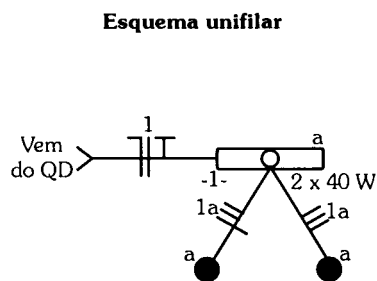


Figura 6.103

A representação das figuras 6.102 e 6.103 em planta baixa fica da seguinte forma:

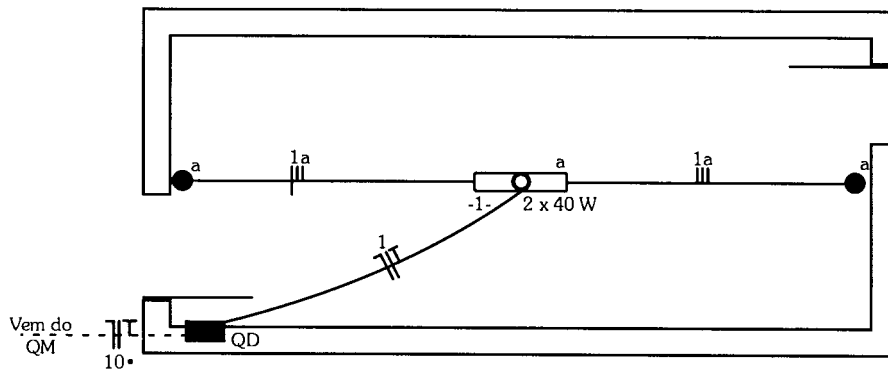


Figura 6.104

Encontramos também, no comércio, o interruptor paralelo bipolar, o qual é utilizado quando a tensão é 220 V, entre fase e fase, conforme a figura 6.105.

Esquema funcional

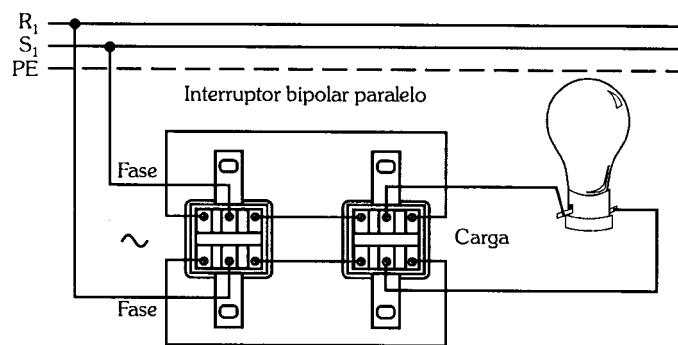


Figura 6.105

Esquema multifilar

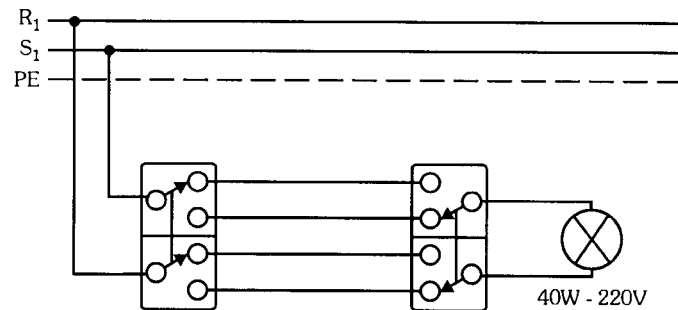


Figura 6.106

Esquema unifilar

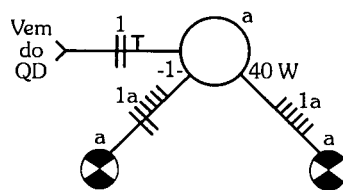


Figura 6.107

Observamos que no interruptor paralelo bipolar existem quatro retornos entre os dois interruptores.

6.3. Interruptor Intermediário

6.3.1. Como Instalar Lâmpadas Incandescentes com Interruptor Intermediário

Introdução

Esse tipo de interruptor é utilizado quando desejamos comandar uma lâmpada ou grupo de lâmpadas por três ou mais pontos diferentes.

São utilizados em escadas de vários andares, salões com vários acessos e corredores de acesso para vários quartos.

Características

É possível usar qualquer número de interruptores intermediários. As figuras 6.109 e 6.110 mostram a instalação do interruptor intermediário. É preciso observar que ele está instalado entre dois interruptores paralelos, razão pela qual é denominado interruptor intermediário ou four-way. O interruptor intermediário possui quatro terminais. Deve-se tomar o cuidado, quando da instalação do interruptor intermediário, para não confundir com o interruptor bipolar, pois os dois são similares visualmente.

6.3.2. Interruptor Intermediário para Embutir

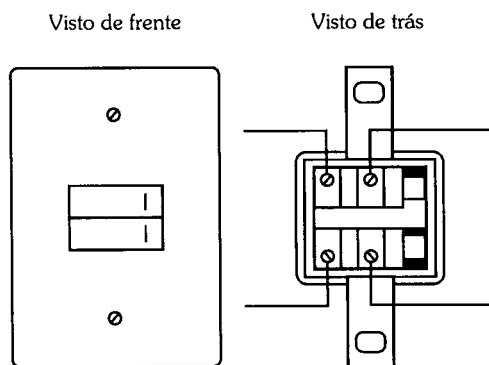


Figura 6.108

Como instalar corretamente uma lâmpada incandescente de 60W/127V, comandada por um interruptor intermediário.

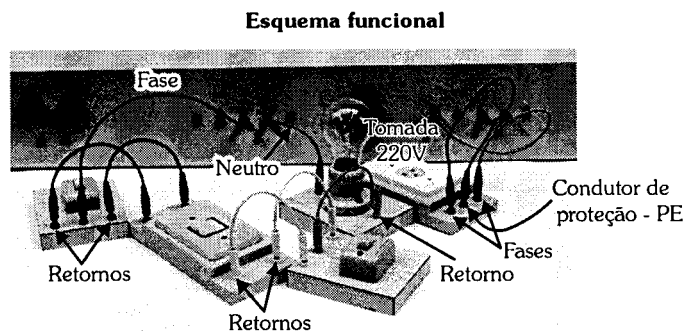


Figura 6.109

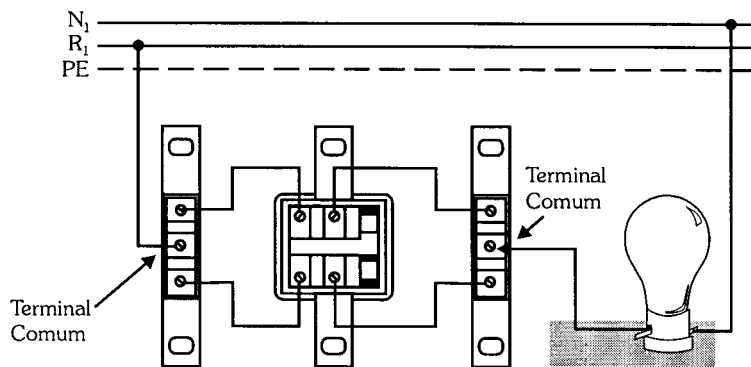


Figura 6.110

Representação da seqüência de percurso dos condutores

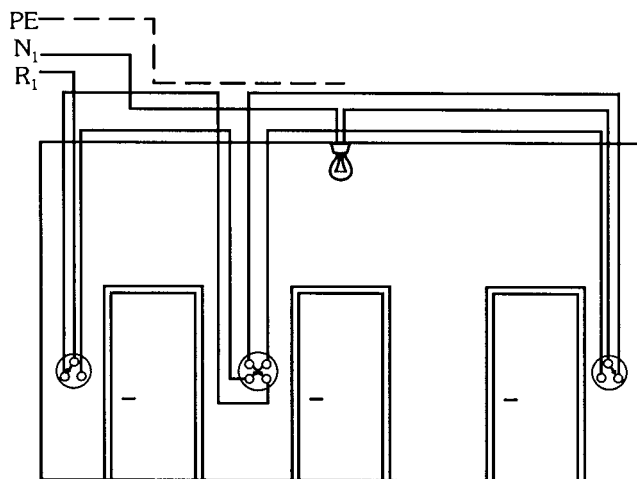


Figura 6.111

Esquema multifilar

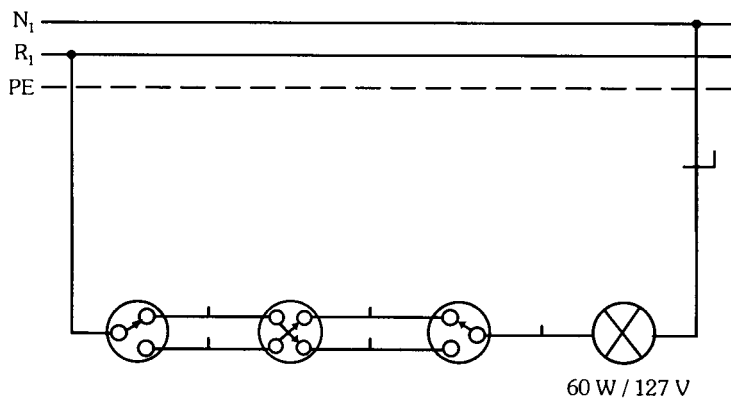


Figura 6.112

Esquema unifilar

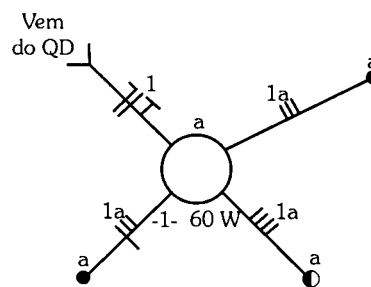


Figura 6.113

Esquema unifilar e multifilar de um circuito com "n" pontos de comando

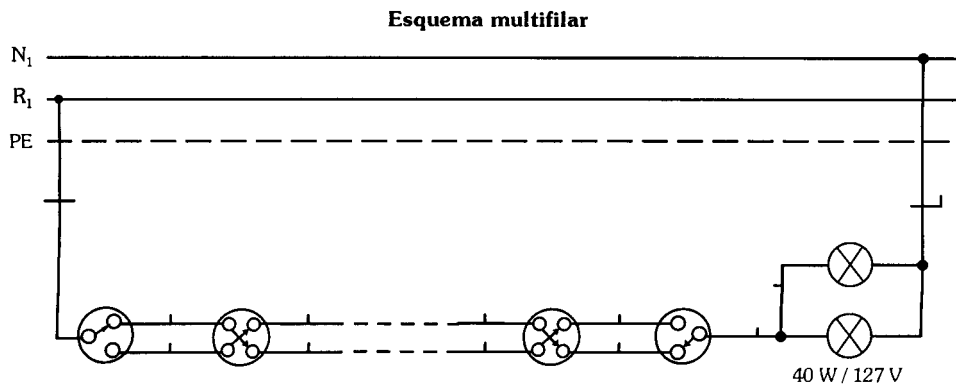


Figura 6.114

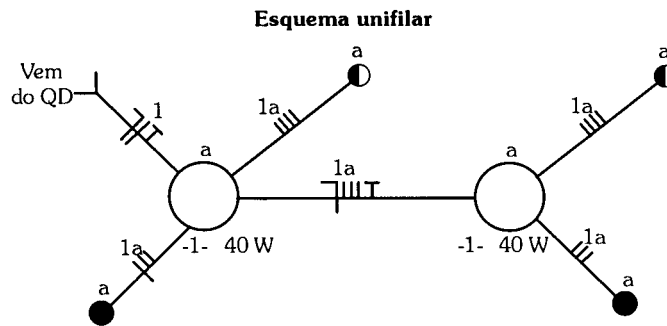


Figura 6.115

6.3.3. Perspectiva Cônica da Instalação com Interruptor Intermediário

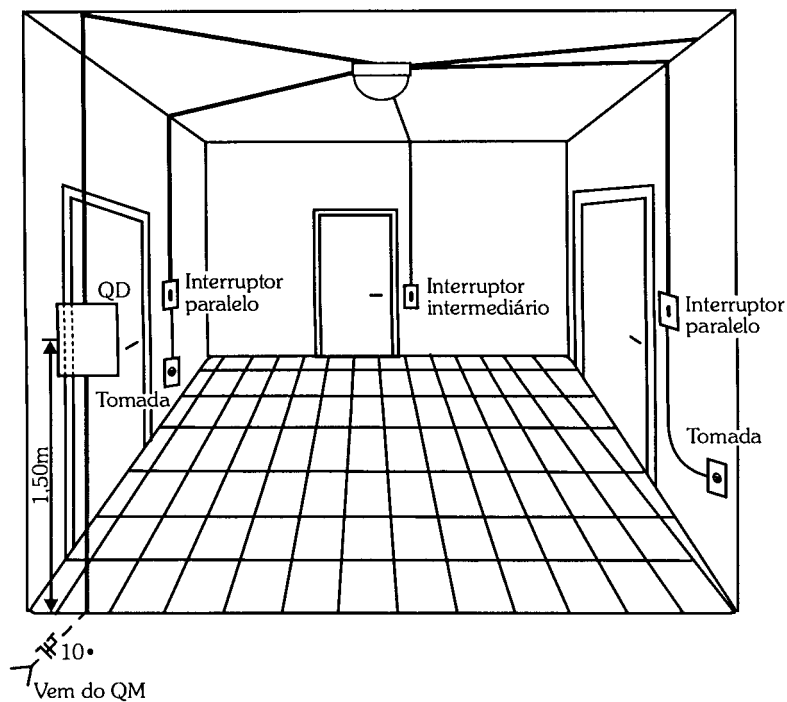


Figura 6.116

6.3.4. Perspectiva Cavaleira

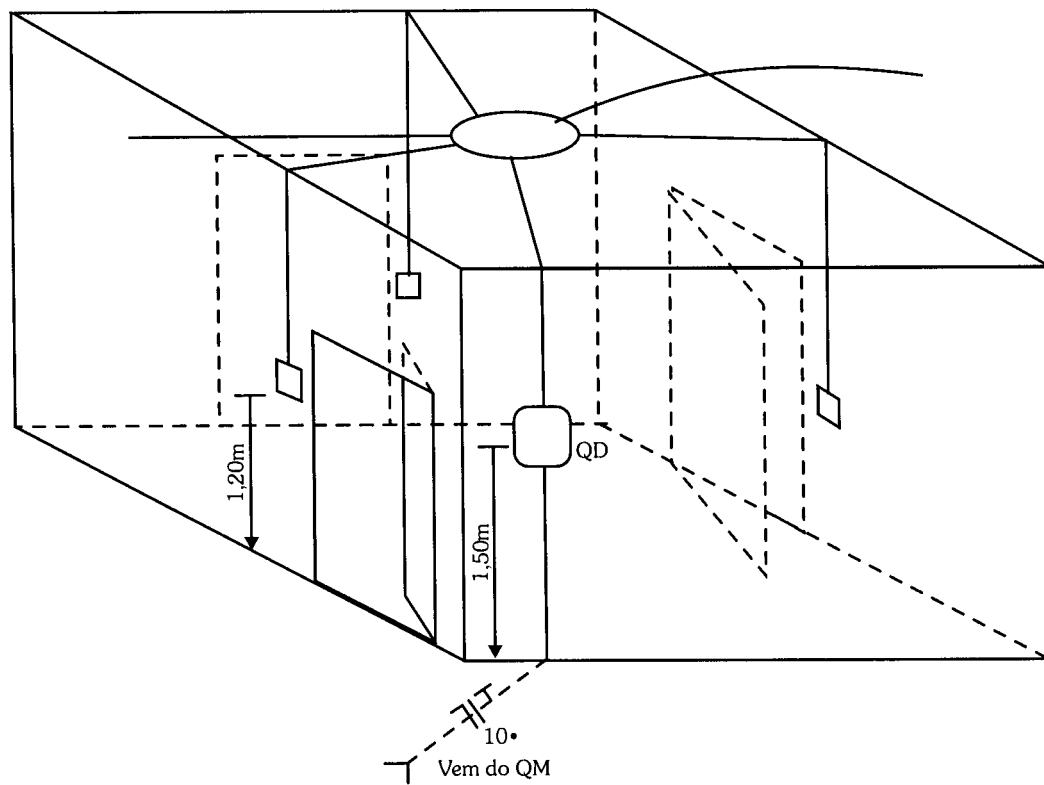


Figura 6.117

6.3.5. Instalação de Eletrodutos

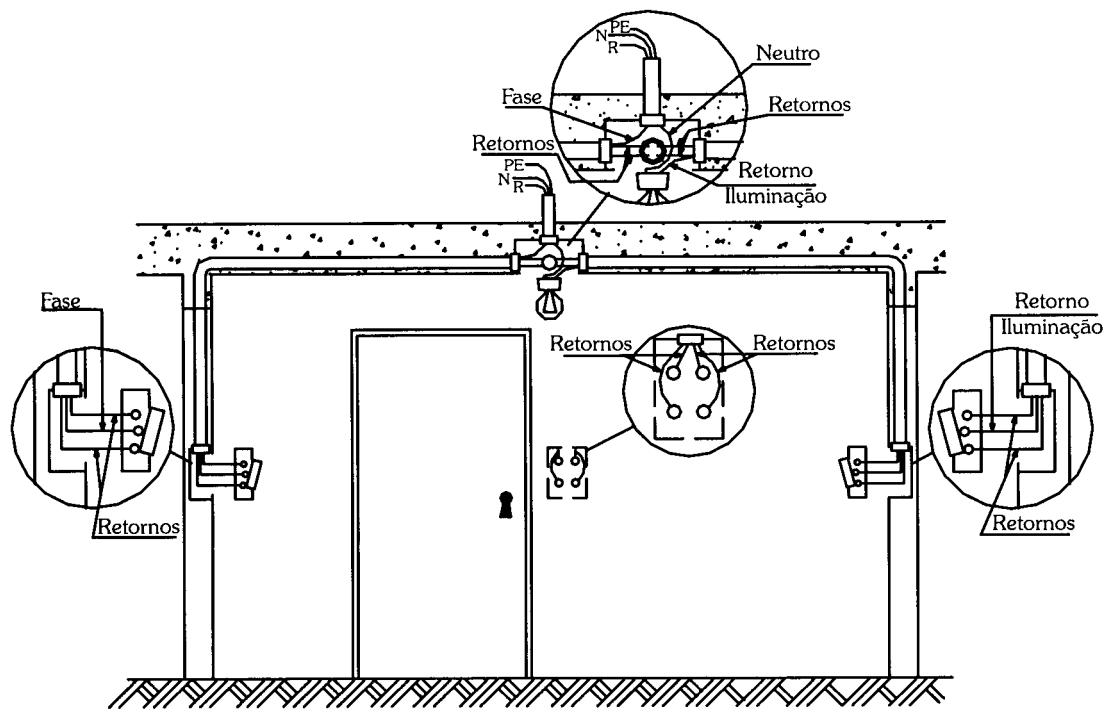


Figura 6.118

6.3.6. Instalação em Planta Baixa com Interruptor Intermediário

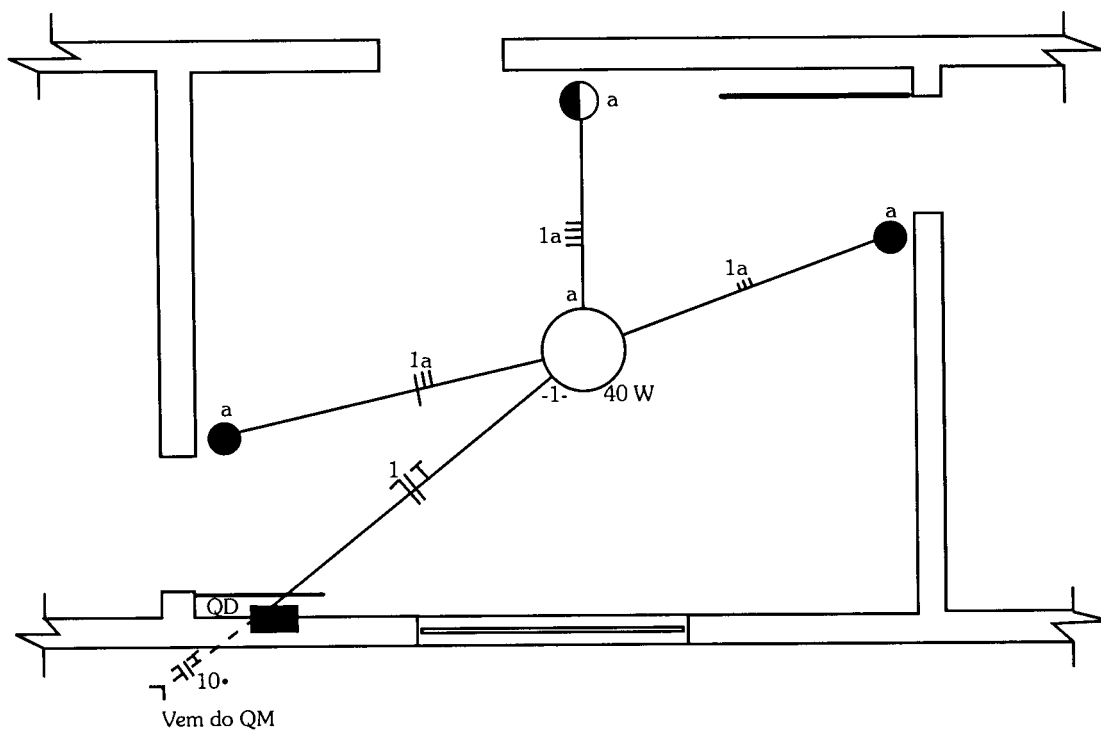


Figura 6.119

Representação de como é feita a passagem de condutores na prática, conforme indica o esquema da figura 6.119.

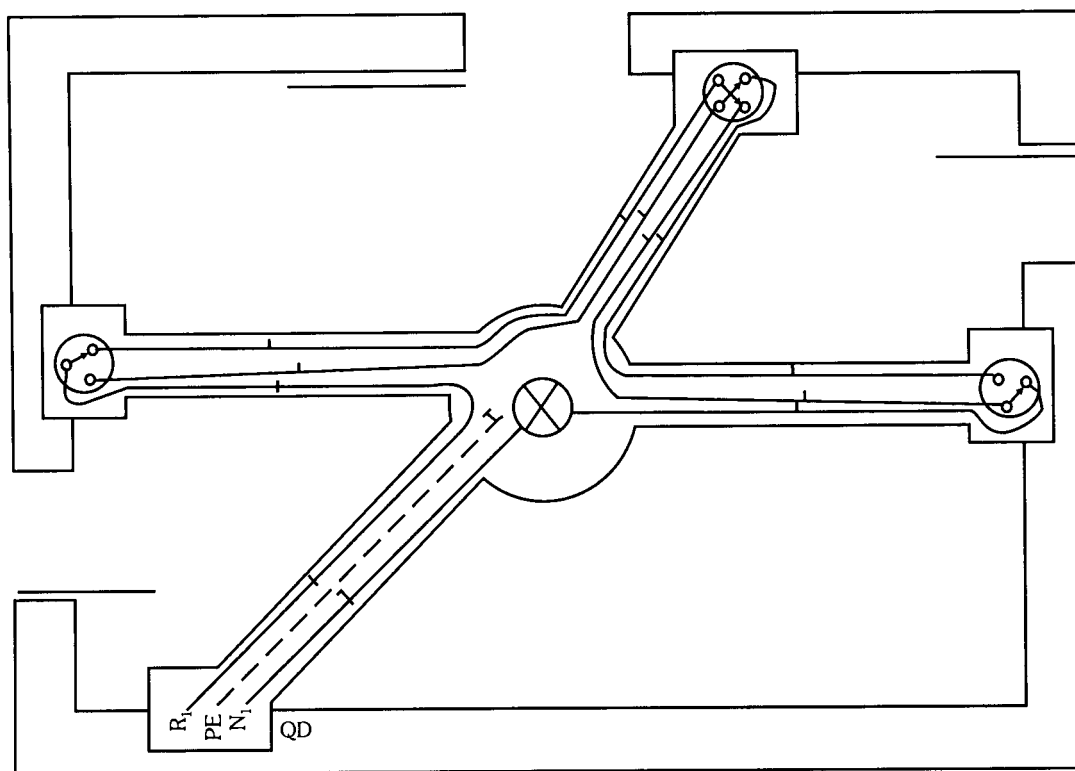


Figura 6.120

Representação do comando de duas lâmpadas incandescentes de 60W/127V, comandadas por um interruptor intermediário.

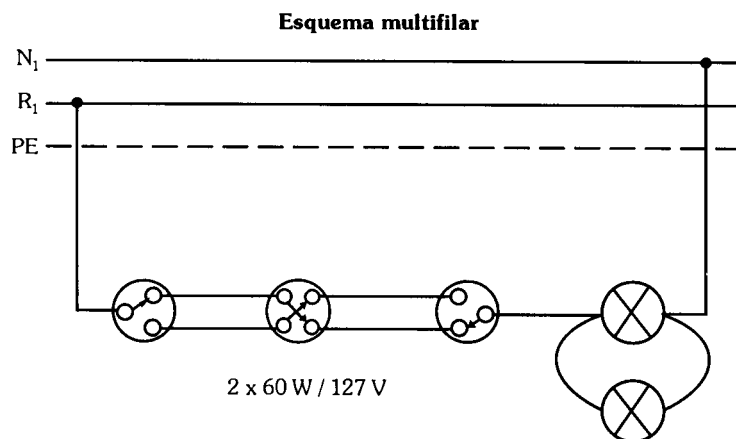


Figura 6.121

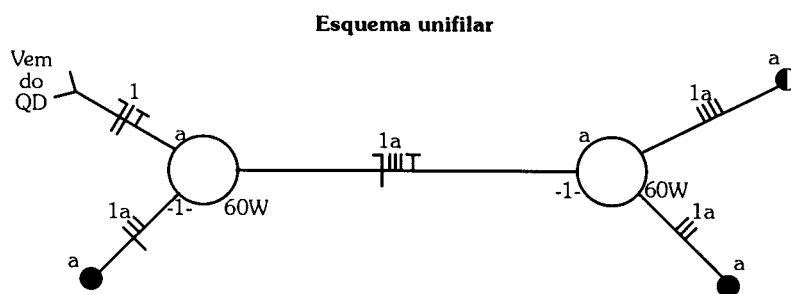


Figura 6.122

Representação em planta baixa da instalação da figura 6.121.

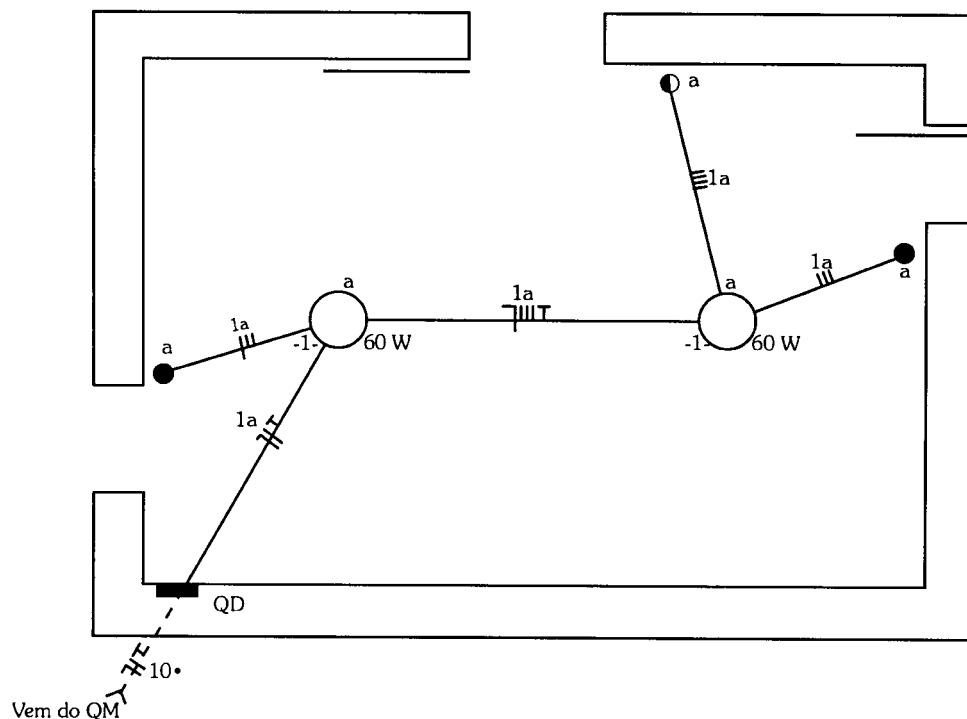


Figura 6.123

Para facilitar o entendimento da representação da fiação, distribua os componentes a serem instalados, como indica a figura 6.123.

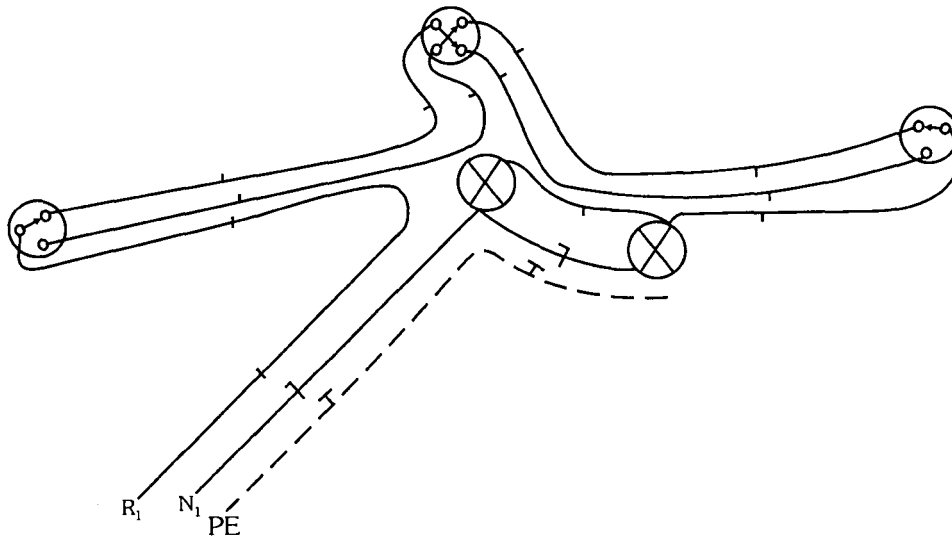


Figura 6.124

Compare as figuras 6.122, 6.123 e 6.124, e observe que o número de condutores em cada trecho é o mesmo. Podemos representar uma instalação com interruptores intermediários também em prumadas. Vamos pegar como exemplo a escadaria de um prédio, conforme a figura 6.125.

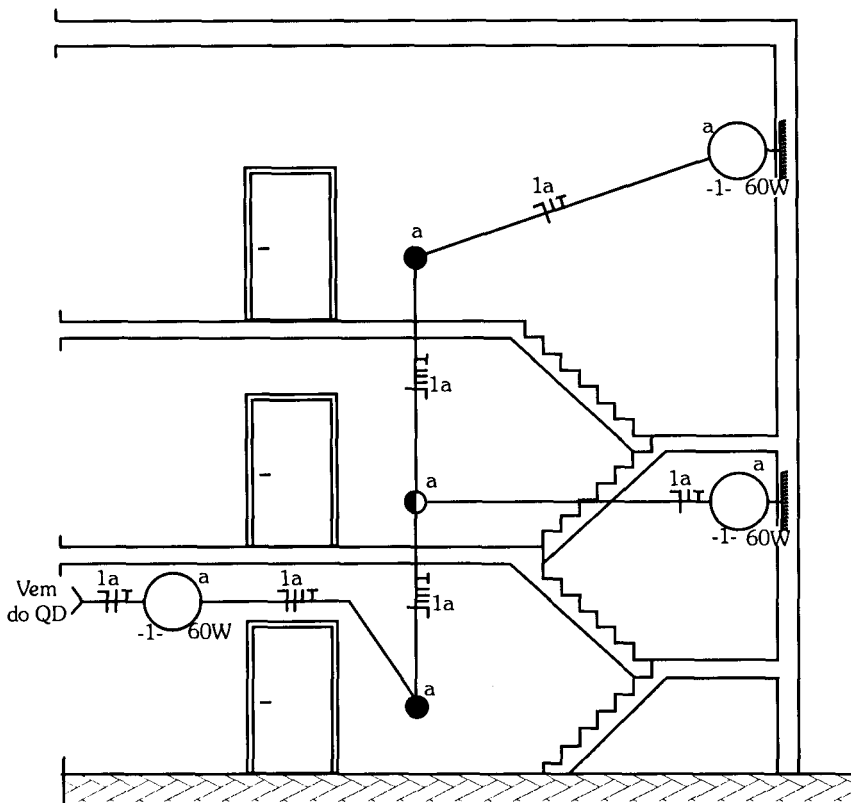


Figura 6.125

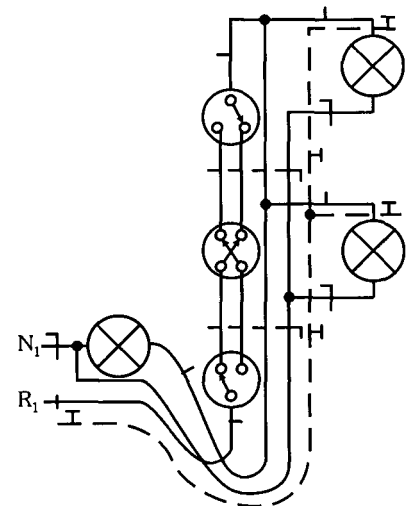


Figura 6.126

Caso você não tenha entendido a representação da fiação, redistribua os componentes, conforme a figura 6.125, e realize as ligações.

6.4. Interruptor de Minuteria

6.4.1. Introdução

O interruptor de minuteria é um dispositivo de comando de iluminação que necessita da ação humana para ligar o circuito, desligando-se automaticamente após algum tempo previamente regulado.

Em alguns ambientes de acesso comum, a circulação das pessoas é muito freqüente, porém quando o movimento é reduzido, à noite, por exemplo, a possibilidade de lâmpadas permanecerem acesas desnecessariamente é muito grande, porque normalmente as pessoas delegam a outrem a incumbência do desligamento das lâmpadas. Por isso, recomenda-se que nesses locais sejam utilizados dispositivos especiais que mantenham as lâmpadas acesas somente no momento em que uma pessoa estiver circulando, desligando-se automaticamente logo em seguida. Esse dispositivo recebe o nome de minuteria.

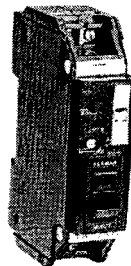


Figura 6.127

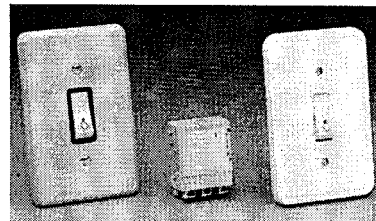


Figura 6.128 -
Cortesia: Pial-Legrand.

6.4.2. Aplicações

- Iluminação de escadarias de prédios de apartamentos;
- Corredores;
- Ambientes que necessitam ser iluminados durante curtos períodos de tempo;
- Hall social de apartamentos;
- Ante-salas.

6.4.3. Tipos

Os tipos de minuterias encontrados atualmente no comércio são as eletrônicas. Devido às dimensões reduzidas, substituem com vantagem as precursoras eletromecânicas e eletropneumáticas.

Podem ser:

- de sobrepor, com fixação diretamente na parede com suporte apropriado ou fixadas no quadro de disjuntores (figura 6.127).
- de embutir, que podem ser instaladas com facilidade em uma caixa 10 x 5 cm.

Nota: A minuteria apresenta um aquecimento normal, que é dissipado em suas partes metálicas laterais (6). Sendo assim, na sua instalação, deve ser mantida uma distância entre ela e outros aparelhos (disjuntores, outra minuteria, etc.).

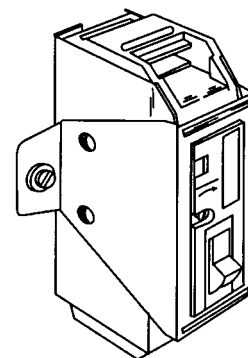


Figura 6.129

6.4.4. Funcionamento

1. Ao pressionarmos o botão de campainha (pulsador), é fornecida a tensão necessária para o funcionamento do circuito da minuteria.
2. A temporização pode variar de 15 segundos a 5 minutos.
3. Após o tempo programado para a lâmpada permanecer acesa, ocorre um pré-aviso de extinção com 50% das luminosidade durante 10 segundos.

A minuteria possui os seguintes componentes:

- **Interruptor (1):** com duas posições, para manter as lâmpadas permanentemente acesas em função da minuteria.
- **Lâmpada neon (2):** auxiliar na regulagem da temporização.
- **Jumper (3):** elimina o pré-aviso descrito anteriormente quando retirado.
- **Regulagem de temporização (4):** deve-se girar o botão com uma chave de fenda para a esquerda para diminuir (-) ou à direita para aumentar (+), sem forçar seus limites. Para simular o acionamento dos pulsadores em outros locais (hall, corredor ou escada), coloque o interruptor (1) na posição "permanente", e em seguida na posição "minuteria". O tempo que a lâmpada néon (2) permanecer apagada corresponde ao tempo que as lâmpadas controladas pela minuteria permanecem acesas.
- **Fusível (5):** para substituir o fusível, puxar a lingüeta do compartimento e colocar o novo fusível (10 A).

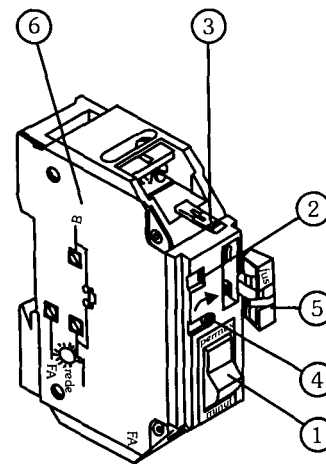


Figura 6.130

6.4.5. Instalação

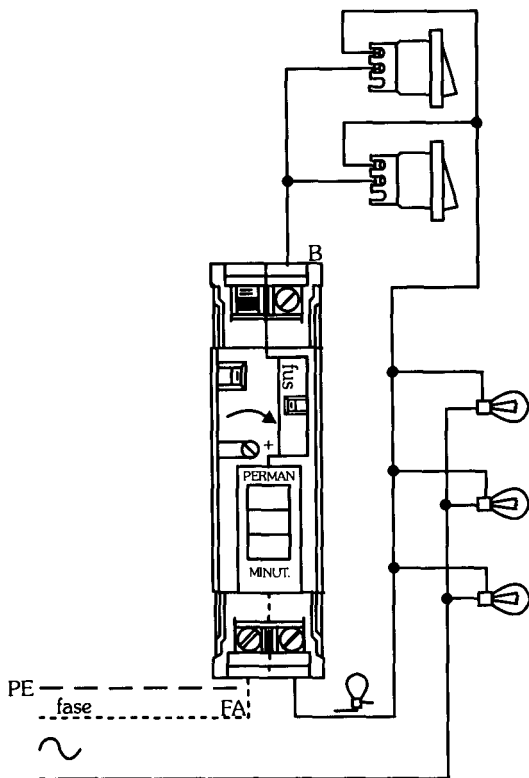


Figura 6.131 - Minuteria de comando em grupo.
Cortesia Pial-Legrand.

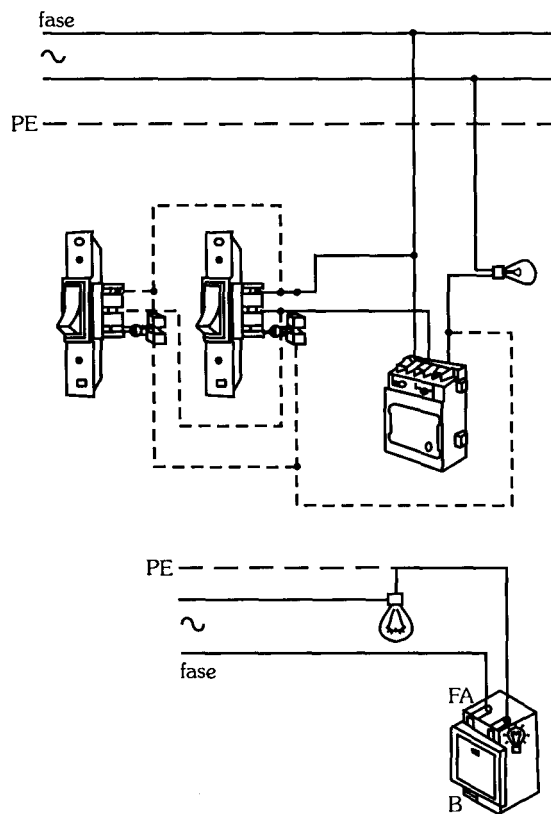


Figura 6.132 - Minuterias individuais.
Cortesia Pial-Legrand.

Atenção: Não ligue os dois fios da rede diretamente ao aparelho, pois isso causa sua queima.

6.4.6. Exemplos de Esquemas

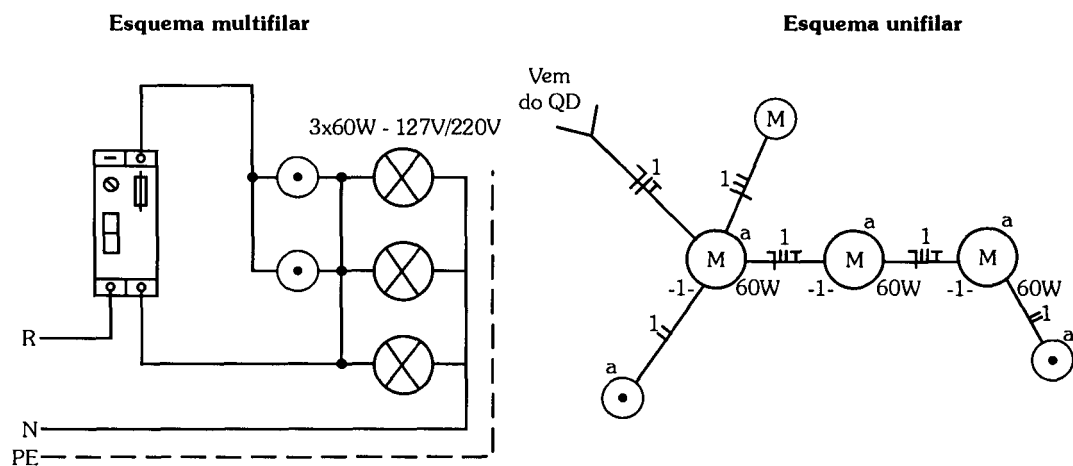


Figura 6.133

Atenção: Esse tipo de minuteria é bivolt, e pode ser utilizado nos sistemas: FN=127 V ou FN=220 V. Deve-se evitar a alimentação pelo sistema FF=220 V, porque a fase permanece ligada diretamente à lâmpada (carga), o que é proibido pela Norma NBR 5410:2004.

6.5. Interruptor Horário

6.5.1. Introdução

O interruptor horário, ou relé horário, ou simplesmente temporizador, é um dispositivo que possibilita programar, ligar e desligar automaticamente circuitos elétricos em tempos predeterminados.

Quando instalado em edifício, indústria, comércio ou residência, pode se tornar uma forma eficiente no gerenciamento do consumo de energia.

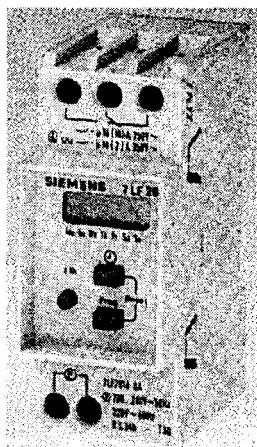


Figura 6.134 - Cortesia: Siemens.

6.5.2. Tipos de Interruptor Horário

Existem dois tipos de interruptor horário quanto ao funcionamento e programação:

- a) Quanto ao funcionamento podem ser:
 - eletrônico (figuras 6.134 e 6.135B);
 - motorizado (figura 6.135A).
- b) Quanto à programação podem ser:
 - diário;
 - semanal.

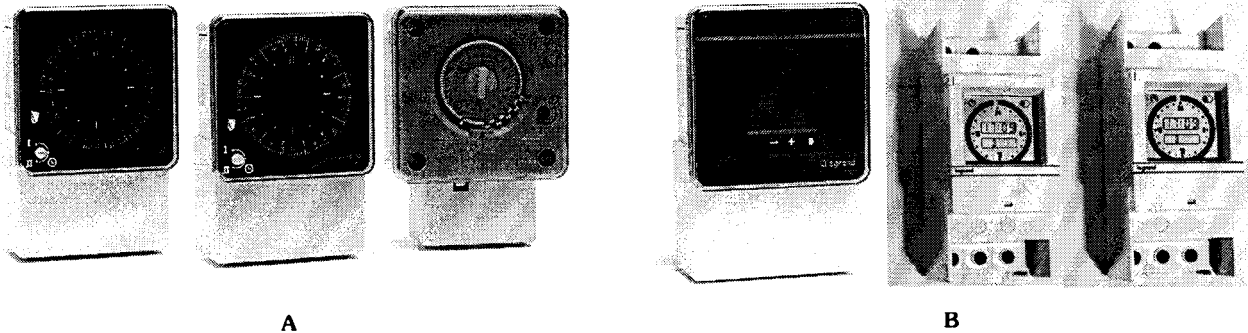


Figura 6.135 - Interruptores. Cortesia: Pial-Legrand.

6.5.3. Aplicações

- sistema de irrigação;
- aquecimento e preparação de máquinas industriais (extrusoras, fornos, etc.);
- sistemas de aquecimento central para água (residencial ou industrial);
- câmaras e balcões frigoríficos;
- comedouros automáticos;
- controle automático de luminosos, vitrines, jardins, etc.;
- ar condicionado central;
- sistema de alarmes;
- controle de circuito de iluminação acionado por interruptor automático de presença;
- ligação pontual de sinos, sirenes, buzinas, etc.

6.5.4. Programação

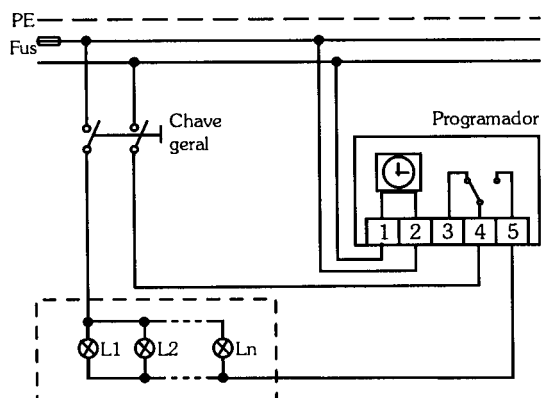
A programação do interruptor horário é rápida e fácil, e permite sua utilização tanto em indústria como doméstica. Nos interruptores horários eletrônicos, a programação é acertada de maneira digital, semelhante à feita em rádio-relógio, possibilitando muitas variações: liga-desliga todos os dias, apenas nos dias úteis e outras situações conforme a necessidade.

Os interruptores horários motorizados possuem base de tempo por meio de oscilador a quartzo, visor graduado por micromotor passo a passo e a regulagem é feita por cavaletes extraíveis ou por pequenos "clipes" imperdíveis (figura 6.135a).

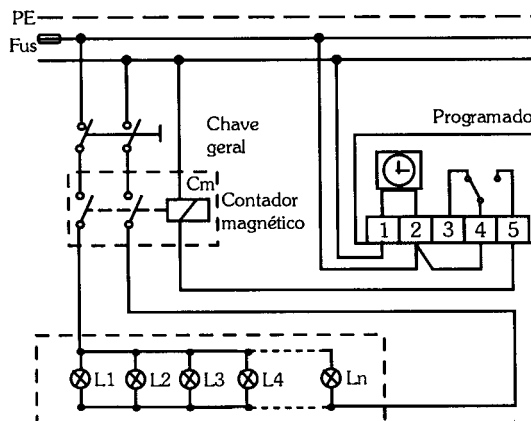
6.5.5. Exemplo de Esquemas

Controle automático de luminosos

- Comando direto

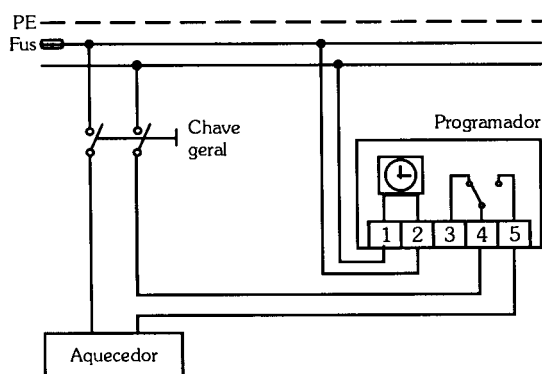


- Consumo acima de 10A, será necessária a utilização de contator magnético.



Sistemas de aquecimento central

- Comando direto



- Consumo acima de 10A, será necessária a utilização de contator magnético.

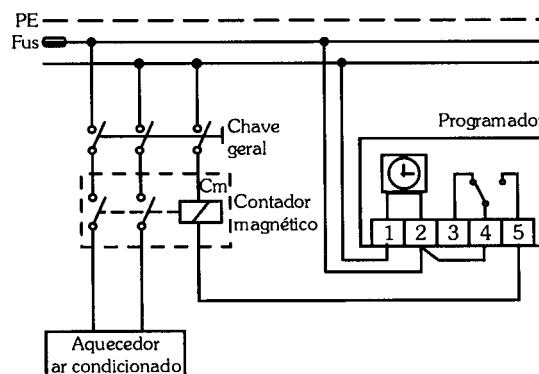


Figura 6.136 - Esquemas de interruptor horário motorizado. Cortesia: COEL.

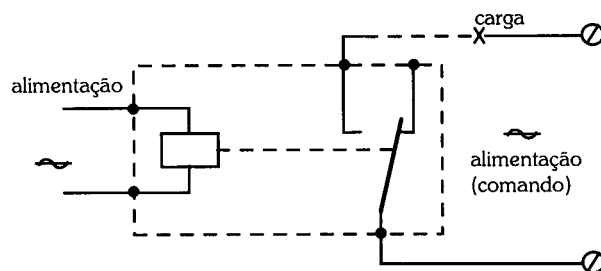


Figura 6.137 - Esquemas de interruptor horário eletrônico. Cortesia: Siemens.

6.6. Relé de Impulso (Ri)

6.6.1. Introdução

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

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

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

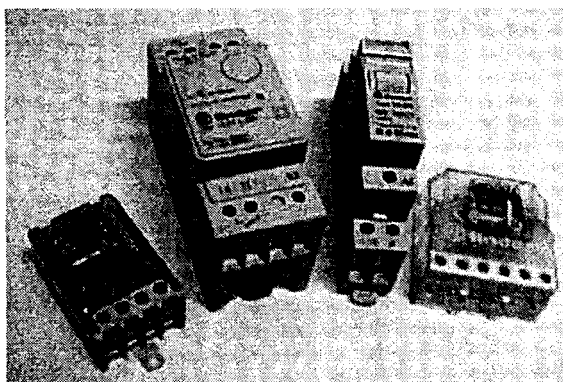


Figura 6.138 - Tipos de relé de impulso - da esquerda para a direita: Relé de Impulso Série 27; Relé de Impulso Eletrônico Série 13; Relé de Impulso Modular Série 20 e Relé de Impulso Série 26. Cortesia: Finder.

6.6.2. Vantagens da Utilização do Relé de Impulso

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

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

6.6.3. Funcionamento

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

Com o uso do Ri, no lugar dos interruptores paralelos e intermediários são instalados pulsadores (botões de campainha) em número ilimitado ou quanto for necessário, com a vantagem de utilizar só dois condutores de

apenas 0,5 mm². Para os interruptores paralelos se utilizavam três condutores e para o intermediário, quatro condutores de 1,5 mm² (NBR 5410:2004 - Tabela 47 ou Tabela 10.6, página 224).

No momento em que for acionado qualquer pulsador, fecha-se o circuito (acendem-se as luzes) e ao acionar novamente o mesmo pulsador, ou qualquer outro pulsador, abre-se o circuito (apagam-se as luzes). Com o Ri é possível comandar outras cargas desde que seja observada a capacidade de corrente de seus contatos.

6.6.4. Exemplos de Esquemas

Esquema multifilar

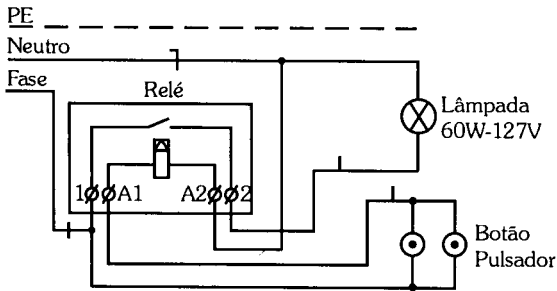


Figura 6.139

Esquema unifilar

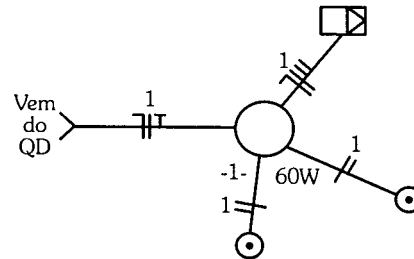


Figura 6.140

Esquema multifilar

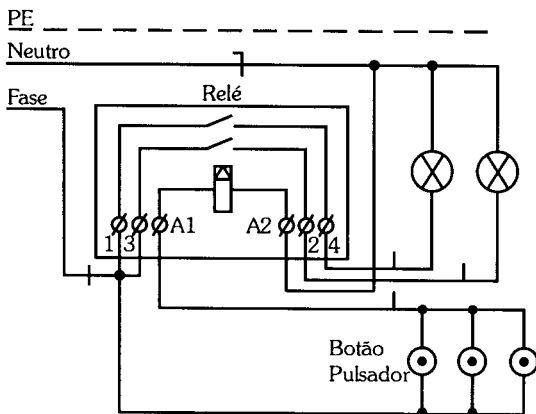


Figura 6.141

Esquema unifilar

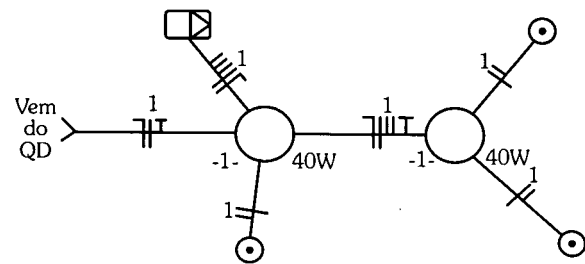


Figura 6.142

Observe uma comparação entre os dois tipos de instalação (com relé de impulso e com interruptores paralelos e intermediários, como mostram as figuras 6.146 e 6.147).

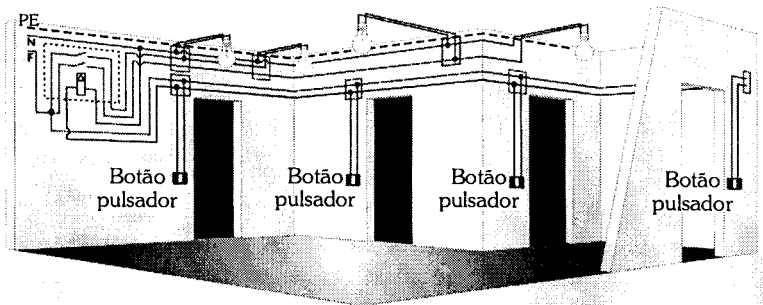


Figura 6.143 - Instalação com relé de impulso. Cortesia: FINDER.

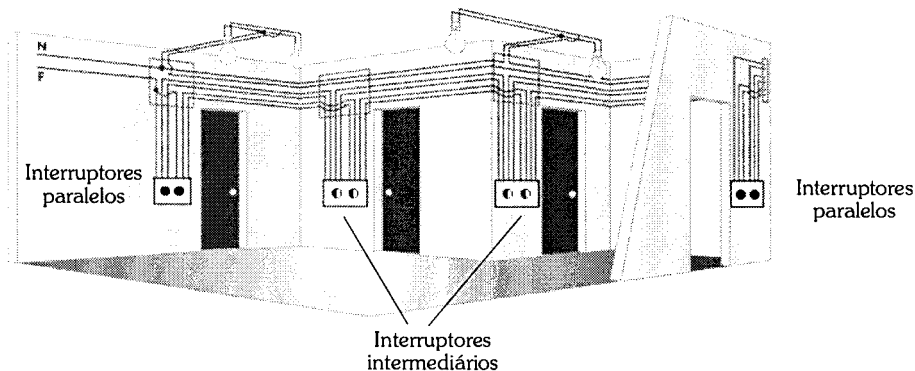


Figura 6.144 - Instalação com interruptores convencionais (paralelos e intermediários).

Nota: Fontes de referência Catálogos da FINDER Componentes Ltda.

6.7. Interruptor Automático por Presença

6.7.1. Introdução

O interruptor automático por presença é eletrônico e capta, através de um sensor infravermelho, a radiação de calor de pessoas, animais, automóveis, etc., que estejam nos limites perceptíveis do dispositivo.

Possibilita o comando automático da iluminação de ambientes onde não é necessário manter as lâmpadas permanentemente acesas, ou seja, as lâmpadas ficam acesas somente na presença de pessoas, proporcionando considerável economia de energia.

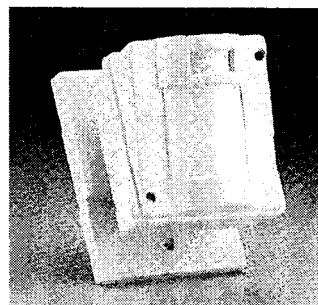


Figura 6.145 - Cortesia: Pial-Legrand.

6.7.2. Aplicações

O interruptor automático por presença pode ser instalado:

- **Nas residências:** iluminação da área externa, bem como hall social, ante-salas, escadas, banheiros ou garagens;
- **Nos edifícios residenciais ou comerciais:** iluminação de salas, escadas, recepções, estacionamentos, jardins ou até andares inteiros;
- **Nas lojas e magazines:** iluminação de vitrinas, painéis luminosos, banheiros ou provadores;
- **Nas indústrias:** iluminação de pátios, jardins, almoxarifados, armazéns, vestiários ou estacionamentos;
- **Na segurança:** acionamento de alarmes sonoros ou luminosos, para ligar câmaras de monitoração de TV ou outros dispositivos de proteção;
- Na automação de portas de lojas, escritórios, garagens, shoppings ou aeroportos.

6.7.3. Instalação

O interruptor automático por presença deve ser instalado num local protegido, onde os raios solares não incidam diretamente sobre ele (figura 6.146). Entretanto, por possuir o índice de proteção 33, pode ficar exposto à chuva sem ser prejudicado.

Deve ser fixado a uma altura aproximada de 2,50 metros do solo, de maneira que a movimentação de pessoas, animais, veículos, etc. seja de preferência na transversal, atingindo o maior número de raios possível, bem como o seu visor articulável deve ser posicionado de modo que o seu campo de atuação seja cortado na altura da cabeça de um indivíduo (figuras 6.147 e 6.148).

A fixação pode ser feita sobre uma caixa embutida 4" x 2" ou diretamente à parede por meio de buchas.

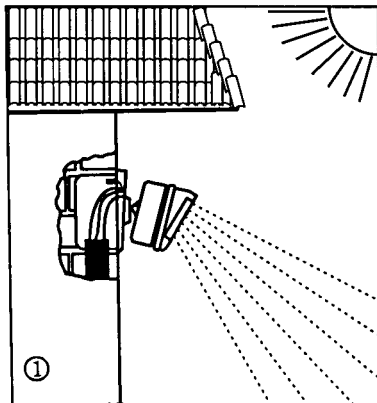


Figura 6.146 - Cortesia: Pial-Grand.

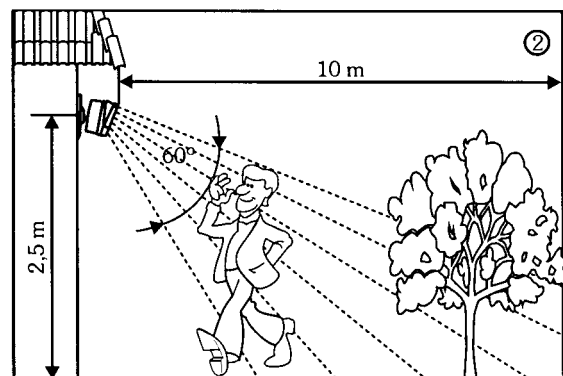


Figura 6.147 - Cortesia: Pial-Grand.

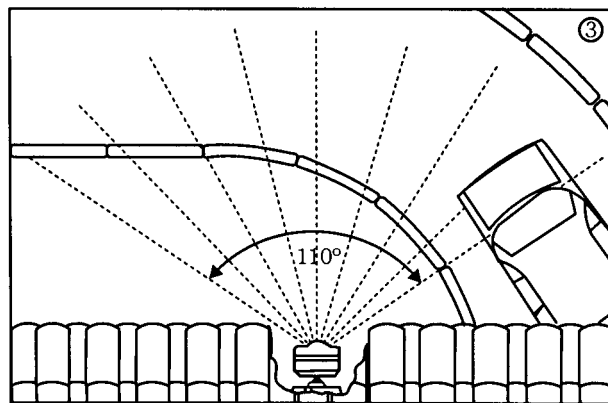


Figura 6.148 - Cortesia: Pial-Grand.

6.8. Sinalização

6.8.1. Cigarras e Campainhas

6.8.1.1. Introdução

As campainhas e as cigarras são aparelhos que representam a forma mais simples de sinalização e se destinam a dar maior comodidade aos usuários, evitando que visitas, vendedores, tenham de bater palmas para solicitar a presença do proprietário da residência ou apartamento, a fim de atendê-los. Essa forma de sinalização pode ser também usada para chamada geral e sistemas de alarme.

6.8.1.2. Tipos de Campainha/Cigarra

Eletromagnéticas

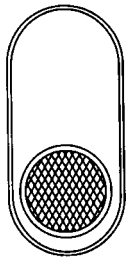


Figura 6.149

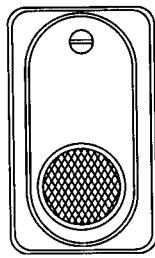


Figura 6.150

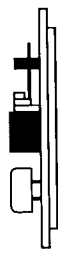


Figura 6.151

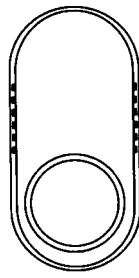


Figura 6.152

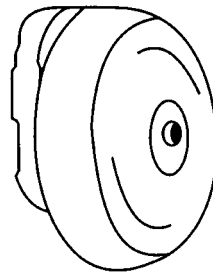
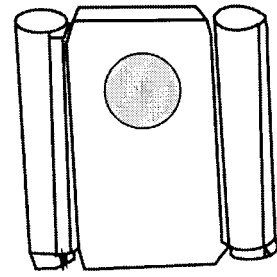


Figura 6.153



Eletrônicas

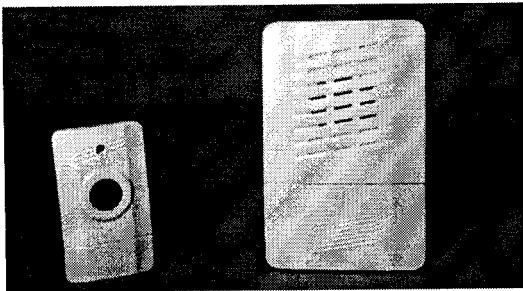


Figura 6.154 - Cigarra eletrônica sem fio.

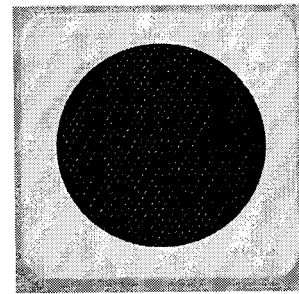


Figura 6.155 - Campainha eletrônica - Trison. Cortesia: Siemens.

6.8.1.3. Funcionamento

Eletromagnéticas

Ao pressionarmos o botão ou pulsador, o eletroímã é alimentado com a tensão necessária, que atrai a lâmina de ferro e faz o martelo golpear a campainha (tímpano). Então o circuito é interrompido no interruptor de contato e o eletroímã solta a lâmina que é afastada pela ação da mola. O eletroímã atrai a lâmina de ferro de modo que o martelo golpeie a campainha (tímpano) novamente.

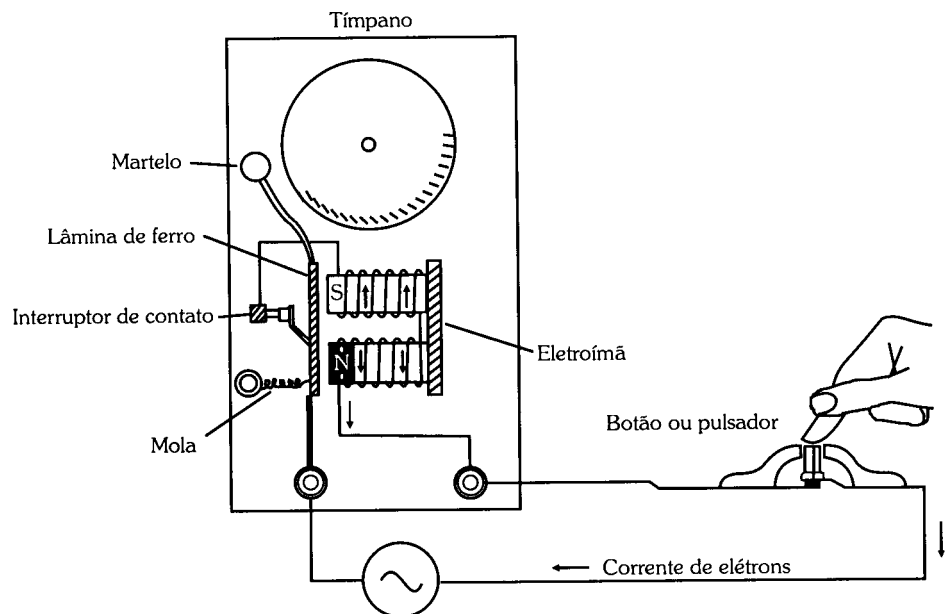


Figura 6.156 - Princípio de funcionamento das campainhas eletromagnéticas.

Observe o interruptor de contato. Quando o eletroímã atrai a lâmina, o circuito se abre, paralisando a corrente. Então uma mola puxa a lâmina para trás, fechando o circuito. O eletroímã atrai a lâmina de novo, reabrindo o circuito. A mola puxa-a para trás, restabelecendo o contato e assim por diante. O martelo vibra durante o tempo em que você permanecer com o botão ou pulsador pressionado. As campainhas de tímpano são usadas em locais amplos que necessitem de alta intensidade sonora, acima de 80dB.

Em outras situações, dá-se preferência às cigarras (figura 6.157) ou campainhas dim-dom (lira) como da figura 6.158, que produzem um som menos estridente do que o tilintar da campainha de tímpano.

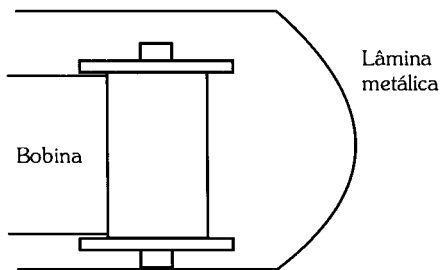


Figura 6.157 - Cigarra de lâmina.

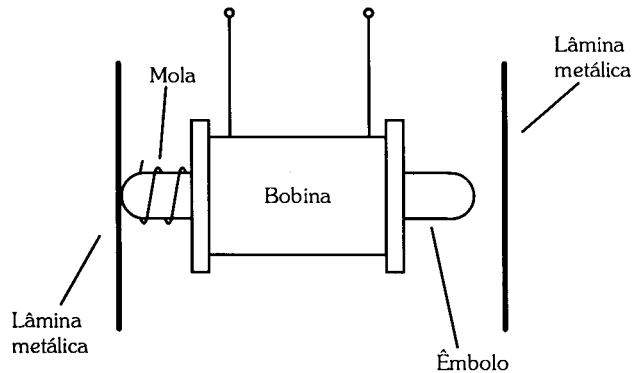


Figura 6.158 - Campainha do tipo dim-dom (lira).

Eletrônicas

A campainha TriSom (figura 6.159) da Siemens possui um circuito eletrônico que, ao ser ativado, gera um som de três tonalidades seqüenciais que independe do tempo que se comprime o botão (pulsador) de chamada.

A alimentação da campainha TriSom pode ser feita em 110 ou 220 VCA, pois possui uma chave seletora para ambas as tensões.

A tonalidade de som pode ser regulada, atendendo ao gosto pessoal, emitindo um som de aproximadamente 80dB.

Ela possui autoproteção contra queima para o caso de o pulsador ser travado na posição ligado (toque).

Já a Campainha Eletrônica Softson da Pial Legrand é ideal para casas, apartamentos, escritórios ou qualquer outro local que tenha duas entradas. Tem duas melodias diferentes, sendo uma com nove notas e outra com três notas musicais, permitindo identificar com facilidade a origem da chamada.

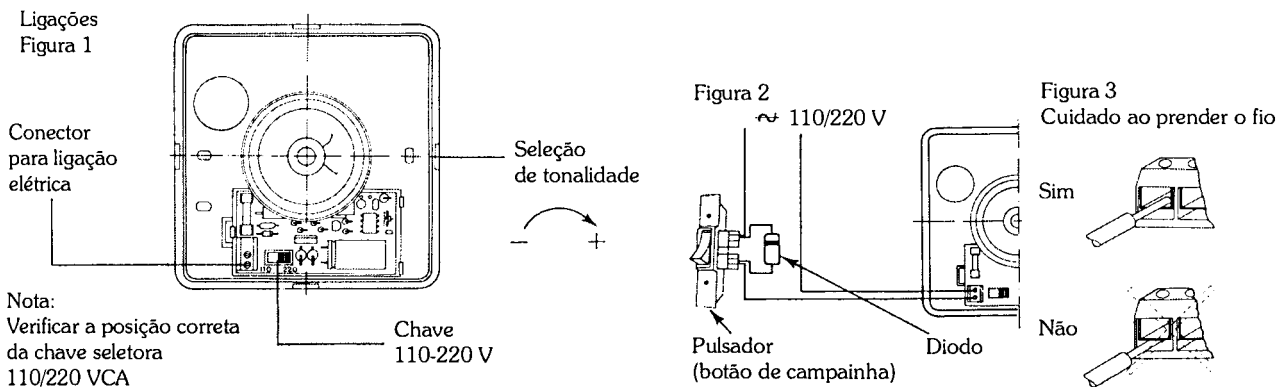


Figura 6.159 - Campainha eletrônica TriSom.
Cortesia: Siemens.

6.8.1.4. Exemplos de Esquemas

Esquema multifilar

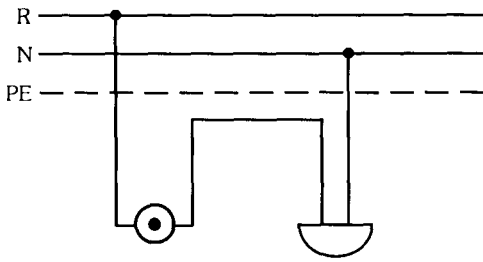


Figura 6.160

Esquema unifilar

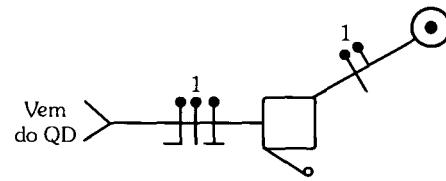


Figura 6.161

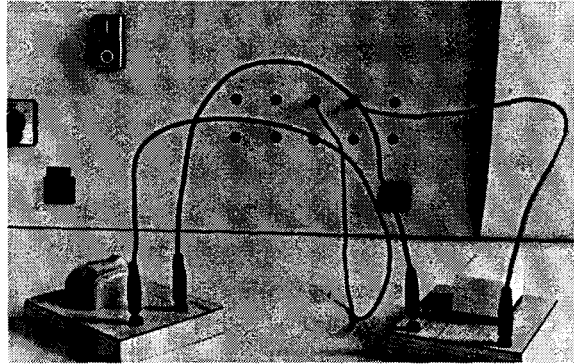


Figura 6.162

Esquema multifilar

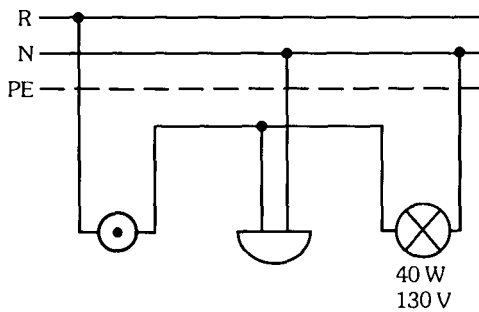


Figura 6.163

Esquema unifilar

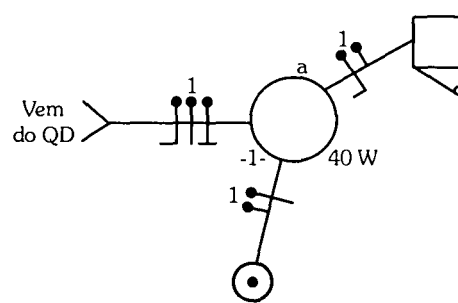


Figura 6.164

6.9. Relé Fotoelétrico

A utilização generalizada dos interruptores fotoelétricos, no controle individual de luminárias, trouxe consigo uma grande demanda desse tipo de aparelho nas empresas de energia elétrica, mostrando a necessidade de aparelhos mais simples, mais seguros, mais econômicos e de alta confiabilidade.

O modelo D2A/71, um desenvolvimento do modelo D2A/68, pois utiliza o mesmo e já consagrado relé térmico com "Stablitem", incorpora uma série de inovações, que melhora ainda mais o desempenho desse tipo de aparelho.

No projeto, todos os componentes elétricos, como: relé térmico, fotocélula e resistor de amortecimento do pára-raio estão fixados na base de montagem, sendo, por conseguinte, facilmente substituíveis.

O interruptor fotoelétrico D2A/71 somente possui as seguintes peças:

- Tampa protetora;
- Base de montagem com as ligações e conectores cravados;
- Fotocélula;
- Relé térmico com "Stablitem";
- Pára-raio com resistor de amortecimento;
- Base de conexão com a rede.

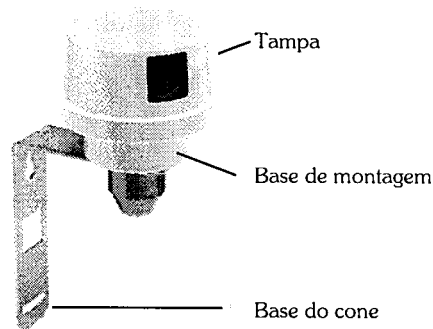
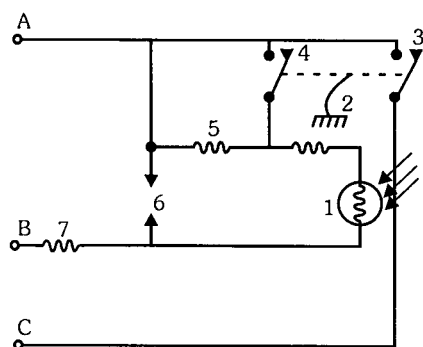


Figura 6.165



- A) Fase de alimentação
- B) Neutro de alimentação
- C) Carga
- 1) Fotocélula
- 2) Relé térmico
- 3) Contato da carga
- 4) Contato do "Stablitem"
- 5) Resistor do "Stablitem"
- 6) Pára-raio "Gap"
- 7) Resistor de amortecimento

Figura 6.166 - Esquema do aparelho.

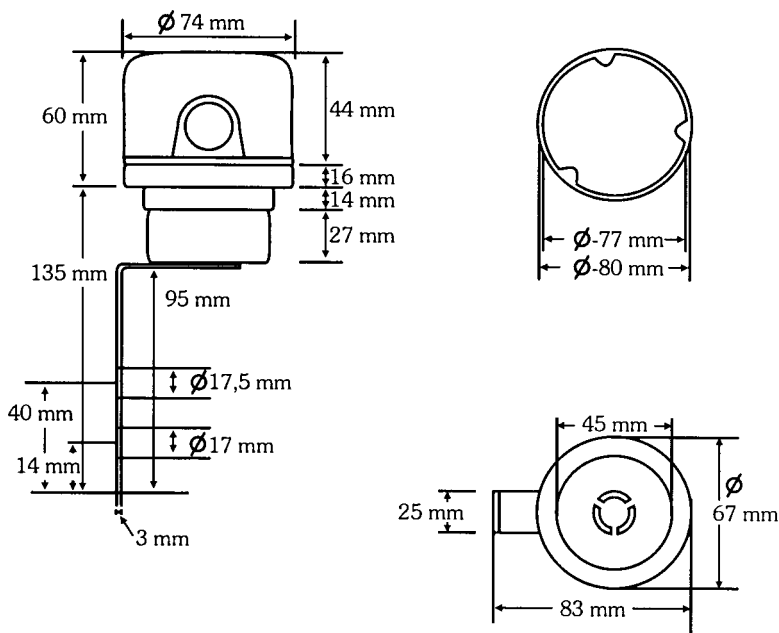


Figura 6.167 - Dimensões.

Funcionamento do Relé Fotoelétrico - Iluminatic RM 74/N

1. Uma corrente alternada flui do terminal da linha pela bobina do relé e da fotocélula até o terminal "comum".
2. O fluxo da corrente através do relé é controlado pela resistência da fotocélula, que varia, inversamente, à intensidade de luz recebida pela fotocélula (LDR-SCR).
3. Ao cair o nível de luz até o ajuste desejado em lux, o fluxo da corrente diminui até o ponto em que a armadura do relé é solta e os contatos de carga fecham-se. Observa-se que, por motivo de maior segurança, os contatos de carga estão normalmente fechados.
4. Ao aumentar o nível de luz, o fluxo da corrente também aumenta até o ponto em que a armadura do relé se energiza e se abram os contatos de carga. O pára-raio fica entre o terminal da linha e o terminal comum com a finalidade de absorver elevações repentinas de energia, protegendo assim tanto o aparelho como a lâmpada e o reator.

O LDR (Light Dependent Resistor) é um componente eletrônico (SCd - Sulfeto de Cádmio), que varia sua resistência de acordo com o nível de luz incidente. Assim, durante o dia, quando a luz é intensa, a resistência de LDR é baixa, da ordem de 2.500 ohms, ao passo que à noite seu valor sobe a vários Megohms.

Para obter uma uniformidade ao ligar e desligar de luz durante as sucessões de dias e noites, o circuito do relé é ajustado para ligar entre 3 - 15 lux e desligar entre 15 - 60 lux.

Funcionamento do Relé Fotoelétrico - Tecnowatt 7007

A corrente alternada passa do terminal fase por meio da resistência e da fotocélula, em série, até o terminal neutro.

Essa corrente que passa pela resistência vai aquecer indiretamente o bimetálico e desligar o contato (NF).

A corrente que passa através da resistência é controlada pela resistência da fotocélula, e está relacionada com a intensidade luminosa que age sobre ela.

À medida que a intensidade luminosa que está incidindo na fotocélula diminui, a corrente também diminui devido ao acréscimo do valor da resistência da fotocélula, até atingir um ponto em que o contato se fecha (**lâmpada acesa**).

À medida que a intensidade luminosa cresce, a corrente aumenta até atingir um ponto em que o contato se abre (**lâmpada apagada**).

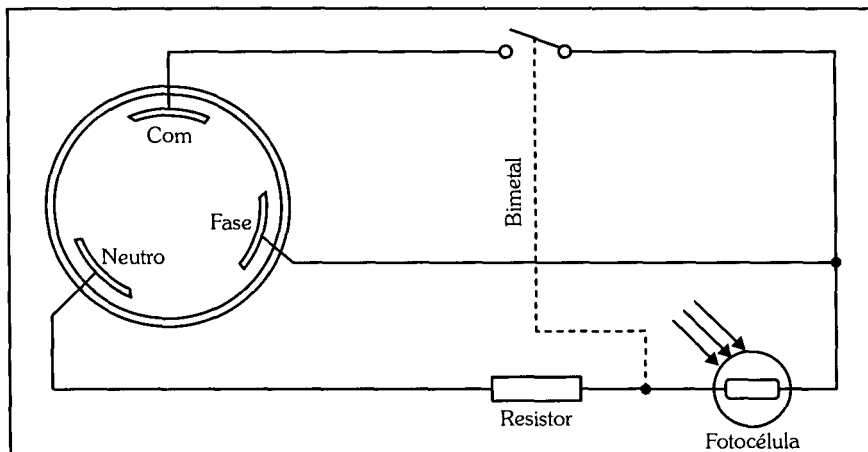


Figura 6.168 - Diagrama elétrico.

6.9.1. Finalidade

Destina-se principalmente ao controle do ligar e desligar de lâmpadas fluorescentes, incandescentes ou a vapor de mercúrio, vapor de sódio, etc., em função da luz ambiente.

6.9.2. Aplicação

Destina-se ao comando fotoelétrico automático da iluminação de ruas, avenidas, praças, fachadas de prédios, jardins, monumentos, áreas públicas, pátios, etc.

6.9.3. Tipos

Os relés fotoelétricos podem ser instalados em redes de corrente alternada de 127 V ou 220 V, 50/60 Hz. Para os relés fotoelétricos da Ilumatic "RM 74/N", a tensão de trabalho pode variar de 90-140 V, se for monofásico (127 V) e de 180-250 V se for bifásico (220 V).

6.9.4. Especificações Gerais

Tabela 6.1

Tensão de Trabalho	90-130 volts ou 180-250 volts conforme especificação
Nível de aclaramento ao ligar	5 a 20 lux
Nível de aclaramento ao desligar	25 a 100 lux
Carga máxima	1.000 watts - 1.800 volt-ampères
Tensão disruptiva do pára-raios	aproximadamente 2.250 volts
Retardo de tempo	20 a 40 segundos
Temperatura ambiente de trabalho	-30°C +50°C
Peso do interruptor com base	345 gramas

6.9.5. Esquema de Ligação

Os esquemas seguintes representam as várias combinações possíveis de ligar o relé com a carga, com tensões diferentes.

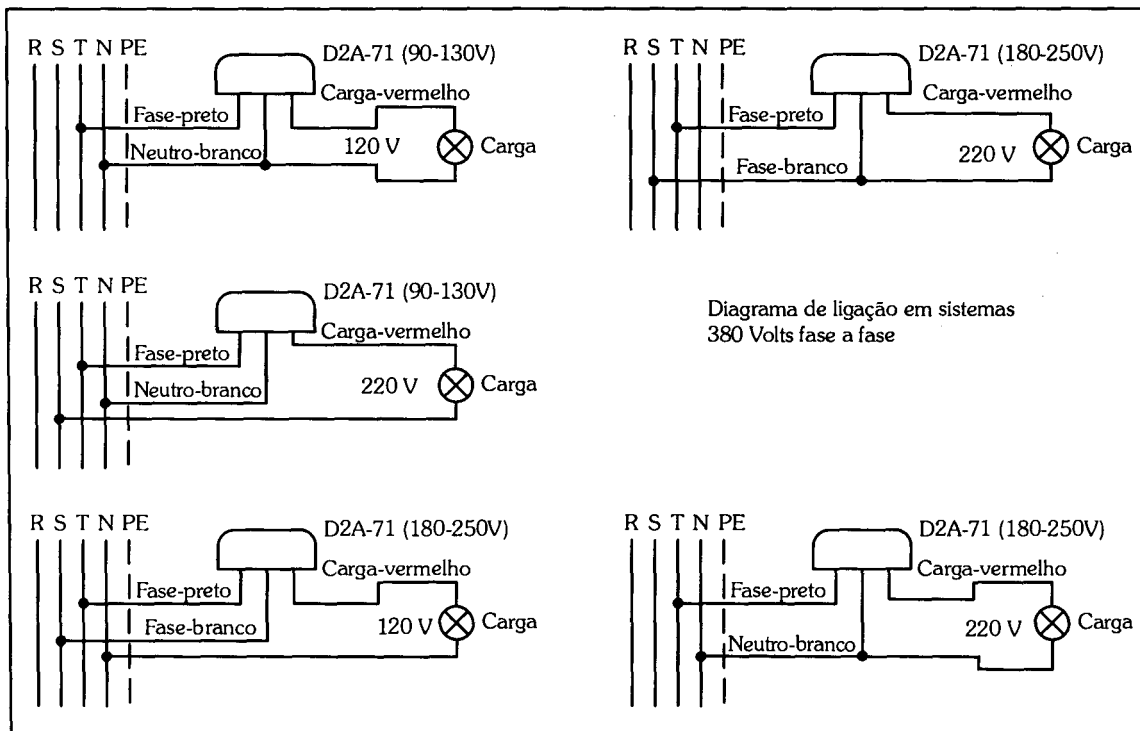


Figura 6.169

- **Interruptor aberto:** lâmpada permanentemente acesa.
- **Interruptor fechado:** funcionamento normal do produto.

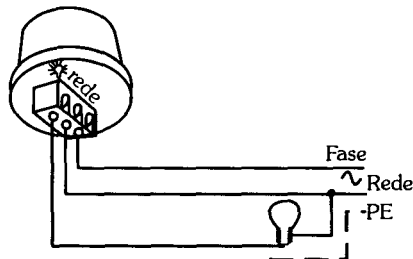


Figura 6.170 - Relé fotoelétrico sem interruptor.

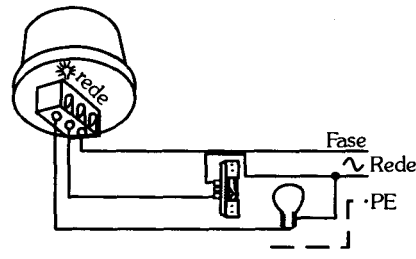


Figura 6.171 - Relé fotoelétrico com interruptor.

Observação: O relé fotoelétrico deve ser instalado com o centro da janela virado para o sul e de modo que a luz da lâmpada não incida diretamente sobre ela.

6.9.6. Como Instalar Lâmpadas com Relé Fotoelétrico

O relé fotoelétrico é aplicado em grande escala para o comando de:

- iluminação de ruas e avenidas;
- praças e jardins;
- entroncamentos rodoferroviários;

- áreas de estacionamento;
- iluminação externa de residências.

6.9.7. Comando de Lâmpadas Incandescentes por Relé Fotoelétrico

O relé fotoelétrico, no comando de lâmpadas, substitui o interruptor, porque o relé aciona automaticamente as lâmpadas com o anoitecer.

Vamos comandar duas lâmpadas incandescentes de 60W/127V por um relé fotoelétrico de 1.000W/127V.

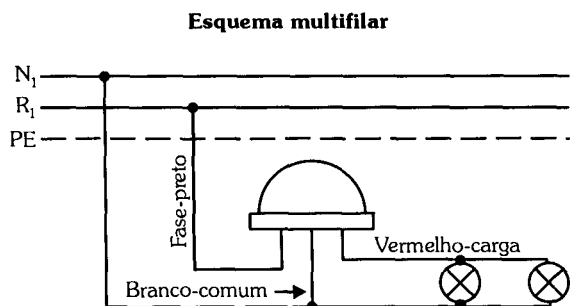


Figura 6.172

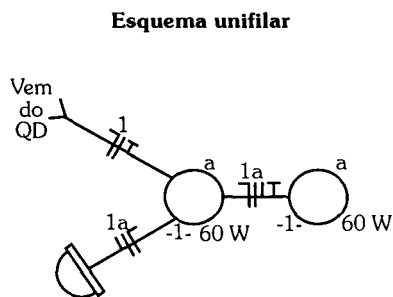


Figura 6.173

6.9.8. Comando de Lâmpadas a Vapor de Mercúrio por Relé Fotoelétrico

O relé fotoelétrico é utilizado, freqüentemente, para o comando de lâmpadas a vapor de mercúrio, pois são bastante utilizadas em áreas externas, como praças, jardins, ruas e avenidas. Como vimos anteriormente, pela sua forma de construção, a lâmpada a vapor de mercúrio necessita de reator para o seu funcionamento.

Assim, o comando de uma lâmpada a vapor de mercúrio de 125W/220V por um relé fotoelétrico de 1.000W/220V, deve ficar da seguinte forma:

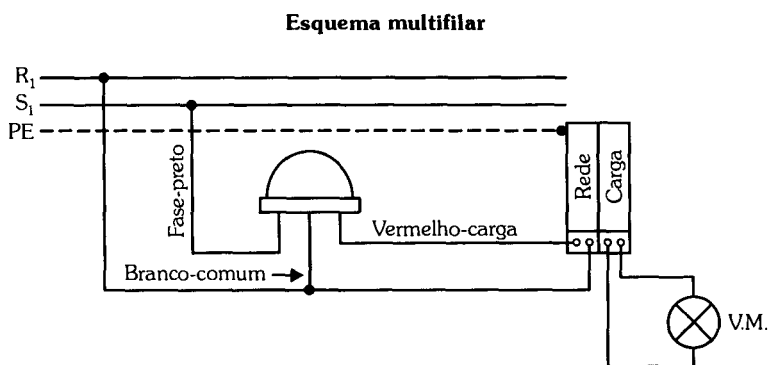


Figura 6.174

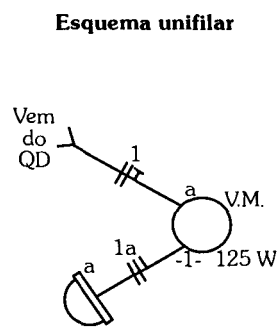


Figura 6.175

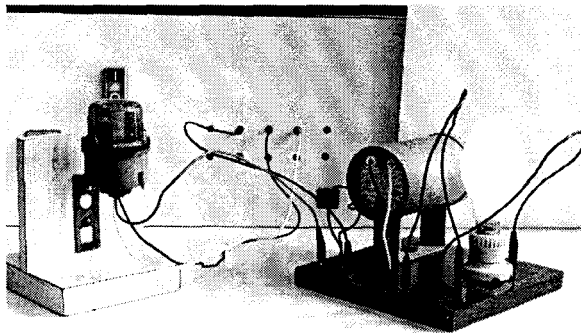


Figura 6.176

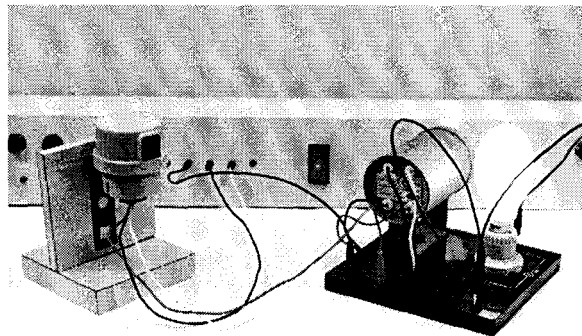


Figura 6.177

A lâmpada a vapor de mercúrio pode ser comandada tanto por relé fotoelétrico, como vimos anteriormente, como por um interruptor bipolar, conforme em seguida. Devemos salientar que cada lâmpada a vapor de mercúrio precisa de um reator.

Esquema multifilar

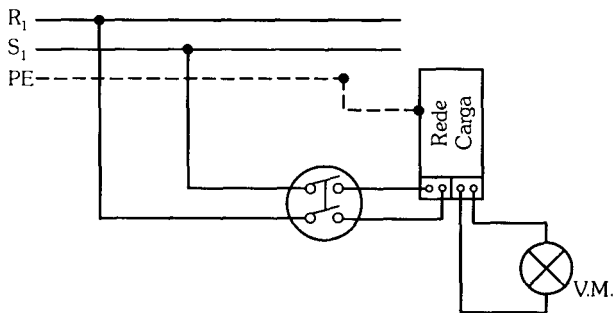


Figura 6.178

Esquema unifilar

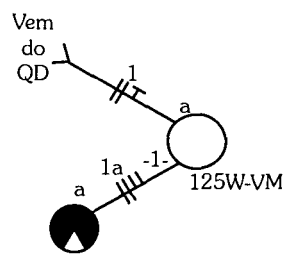


Figura 6.179

Observamos que no esquema unifilar não aparece o reator, mas sabe-se que tem de existir na prática, pois o equipamento auxiliar não é representado neste esquema.

7.1. Segurança em Instalações Elétricas - NR 10

A **NR 10 (Norma Regulamentadora Nº 10)** estabelece requisitos e condições mínimas objetivando a implantação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços de eletricidade. A norma abrange: a) a segurança em instalações elétricas nos locais de trabalho; b) a segurança em serviços de eletricidade.

"A **NR 10** define com clareza os critérios para a autorização de profissionais e pessoas que podem trabalhar com a eletricidade". A seguir citaremos alguns pontos que julgamos muito importantes a respeito da Segurança com Instalações Elétricas, recomendando que todos devem tomar ciência do conteúdo da Norma:

1. "A **NR 10** se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes (NBR 5410:2004, Normas das Concessionárias, etc.) e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis" (NR 10 - 10.1.2)
2. "É considerado profissional legalmente habilitado o trabalhador previamente qualificado e com registro no competente Conselho de Classe."
3. "É considerado trabalhador capacitado para este serviço aquele que receber treinamento e trabalhar sob orientação e responsabilidade de profissional autorizado."
4. "Os serviços em instalações elétricas energizadas em Alta Tensão, bem como aqueles executados no Sistema Elétrico de Potência - SEP, não podem ser realizados individualmente" (NR 10 - 10.7.3). A preocupação é reduzir a possibilidade de erro humano, e para proteger e evitar danos à pessoa, são utilizados os EPI e os EPC (equipamentos de proteção coletiva), conforme NR 6. Dentre os EPI exigido pela Norma é o que trata da proteção do trabalhador contra agentes térmicos (arco elétrico), em todo o corpo (veja a figura 7.1).

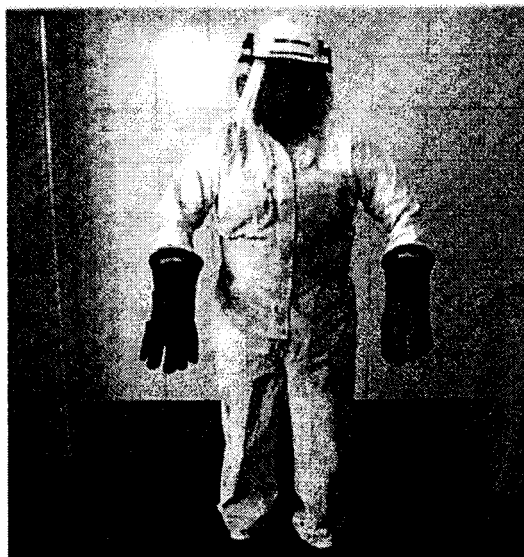


Figura 7.1 - EPI - Equipamento de Proteção Individual para proteção do trabalhador contra agentes térmicos.

Fonte: Revista EM (Eletricidade Moderna).

5. "A NR 10 cria zonas de trabalho específicas nas Instalações Elétricas, considerando o distanciamento seguro; introduz o conceito de riscos adicionais para trabalhar com eletricidade, obrigando a realização de uma análise de risco para todas as atividades e **torna obrigatória a elaboração do prontuário de Instalações Elétricas**". São as seguintes as zonas de trabalho:

- a. **Zona de Risco** é o entorno de parte condutora energizada, não segregada, acessível inclusive acidentalmente, de dimensões estabelecidas de acordo com o nível de tensão, cuja aproximação só é permitida a profissionais autorizados e com a adoção de técnicas e instrumentos apropriados de trabalho (NR 10 - Glossário 30) - figuras 7.2 e 7.3.
- b. **Zona Controlada** é o entorno de parte condutora energizada, não segregada, acessível, de dimensões estabelecidas de acordo com o nível de tensão, cuja aproximação só é permitida a profissionais autorizados (NR 10 - Glossário 31) - figuras 7.2 e 7.3.

Tabela 7.1 - Raios de delimitações de zonas de risco, controlada e livre.

Faixa de tensão nominal da instalação elétrica em kV	Rr - Raio de delimitação de risco e controlada em metros	Rc - Raio de delimitação entre zona controlada e livre em metros
< 1	0,20	0,70
≥ 1 e < 3	0,22	1,22
≥ 3 e < 6	0,25	1,25
≥ 6 e < 10	0,35	1,35
≥ 10 e < 15	0,38	1,38
≥ 15 e < 20	0,40	1,40
≥ 20 e < 30	0,56	1,56
≥ 30 e < 36	0,58	1,58
≥ 36 e < 45	0,63	1,63
≥ 45 e < 60	0,83	1,83
≥ 60 e < 70	0,90	1,90
≥ 70 e < 110	1,00	2,00
≥ 110 e < 132	1,10	3,10
≥ 132 e < 150	1,20	3,20
≥ 150 e < 220	1,60	3,60
≥ 220 e < 275	1,80	3,80
≥ 275 e < 380	2,50	4,50
≥ 380 e < 480	3,20	5,20
≥ 480 e < 700	5,20	7,20

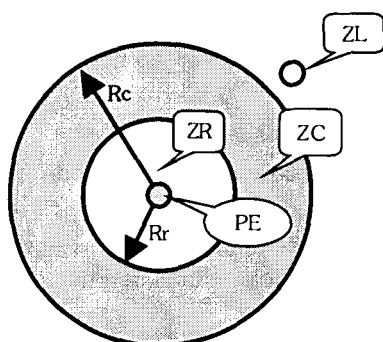


Figura 7.2 - Distância no ar que delimita radialmente as zonas de risco, controlada e livre.

ZL = Zona livre.

ZC = Zona controlada, restrita a trabalhadores autorizados.

ZR = Zona de risco, restrita a trabalhadores autorizados e com a adoção de técnicas, instrumentos e equipamentos apropriados ao trabalhador.

PE = Ponto da instalação energizado.

SI = Superfície isolante construída com material resistente e dotado de todos os dispositivos de segurança.

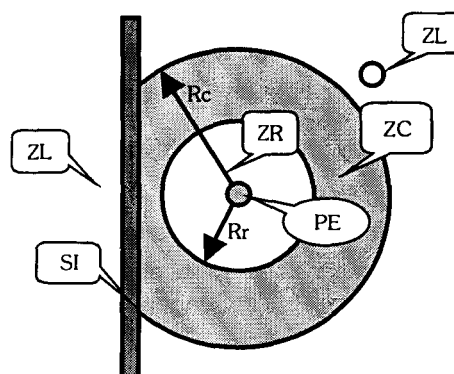


Figura 7.3 - Distâncias no ar delimita radialmente as zonas de risco, controlada e livre, com interposição de superfície de separação física adequada.

A Norma também determina:

- a. Medidas de controle (10.2), através dos prontuários das instalações que contêm tanto os documentos relativos às instalações elétricas quanto aos trabalhos realizados nas instalações, os quais devem ser elaborados por profissionais legalmente qualificados.
- b. Institui o relatório das inspeções da conformidade das instalações, para facilitar a fiscalização das não-conformidades com as disposições da NR-10 e orientar os profissionais de segurança e de manutenção elétrica das empresas no processo de adequação da Norma.
- c. Torna obrigatórias as medidas de proteção coletiva que visam eliminar ou minimizar o risco existente, protegendo todos os trabalhadores e demais pessoas que estejam no local e a proteção individual objetiva eliminar ou minimizar a gravidade das lesões no trabalhador, estabelecendo também requisitos que os projetos elétricos devem atender sob o enfoque da segurança e saúde dos trabalhadores.
- d. No item 10.5.4, estabelece que os serviços executados em instalações elétricas desligadas, mas com possibilidade de energização por qualquer meio ou razão, devem atender aos requisitos de segurança para instalações energizadas.

Dentro dos procedimentos de trabalho (10.11), antes de iniciar trabalhos em equipe os seus membros, em conjunto com o responsável pela execução do serviço, devem realizar uma avaliação prévia, estudar e planejar as atividades e ações a serem desenvolvidas no local, de forma a atender os princípios técnicos básicos e as melhores técnicas de segurança aplicáveis ao serviço.

As responsabilidades (10.13) do cumprimento da NR-10 cabem aos contratantes e aos contratados envolvidos:

- a. **Cabe aos contratantes:** 1) manter os trabalhadores informados sobre os riscos a que estão expostos, instruindo-os quanto aos procedimentos e medidas de controle contra os riscos elétricos a serem adotados. 2) Cabe à empresa, na ocorrência de acidentes de trabalho envolvendo instalações e serviços em eletricidade, propor e adotar medidas preventivas e corretivas.
- b. **Cabe aos trabalhadores:** 1) zelar pela sua segurança e saúde e a de outras pessoas que possam ser afetadas por suas ações ou omissões no trabalho. 2) Responsabilizar-se junto com a empresa pelo cumprimento das disposições legais e regulamentares, inclusive, quanto aos procedimentos internos de segurança e saúde. 3) Comunicar, de imediato, ao responsável pela execução do serviço as situações que considerar de risco para sua segurança e saúde e a de outras pessoas.

Os trabalhadores (10.14) devem interromper suas tarefas exercendo o direito de recusa, sempre que constatarem evidências de riscos graves e iminentes para a sua segurança e saúde ou a de outras pessoas, comunicando imediatamente o fato a seu superior hierárquico, que delineará as medidas cabíveis.

7.2. Cuidados para Evitar Acidentes com Energia Elétrica

O assunto sobre segurança que será tratado neste tópico é publicado pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL) para toda a comunidade, para orientação e cuidados, quando do contato com energia elétrica. Como o manual é de excelente qualidade, foi autorizada pela Diretoria da COPEL a sua inclusão e publicação neste livro.

Algumas Dicas para Sua Segurança

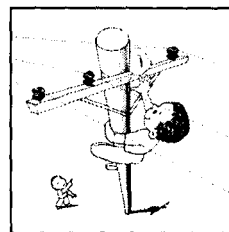
Centenas de pessoas - a maioria crianças - têm sido vítimas de acidentes, muitas vezes fatais, pelo fato de tocarem imprudentemente em fios elétricos.

É fácil entender: ao tocar nos fios que conduzem eletricidade, você acaba servindo de caminho para a passagem de energia elétrica. Quando isso acontece, a força da eletricidade pode causar graves queimaduras, ferimentos e até mesmo a morte.

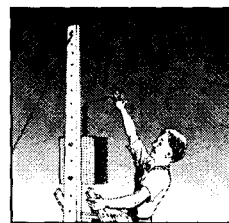
Não permita que isso aconteça. Em seu próprio benefício, siga as orientações; procure conversar e explicar a outras pessoas como evitar acidentes por choque elétrico.

A força da eletricidade deve servir para melhorar as condições de vida das pessoas e facilitar o trabalho da sociedade. Nunca para prejudicar e causar danos.

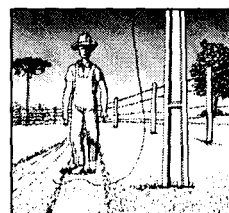
- Nunca suba em postes.
- Nem nos estais, que são os cabos de aço que seguram os postes.
- E mais, não se aproxime de transformadores.
- Se for preciso, aja com segurança: chame a Companhia de Energia de sua cidade.



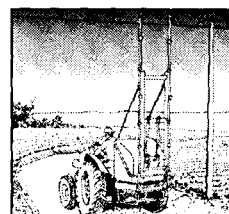
- Nunca tente ligar as chaves elétricas que estão no alto dos postes.
- Este é um serviço que só a Companhia de Energia de sua cidade pode executar.



- Não toque em fios caídos no chão.
- O melhor é nem se aproximar porque toda a terra em volta do fio arrebitado pode dar choque. Chame a Companhia de Energia de sua cidade.



- Não se arrisque. Abaixee as barras do pulverizador ao passar sob fios de luz.
- E se você estiver arando ou gradeando a terra na faixa da rede elétrica, tome cuidado também para não danificar os estais.



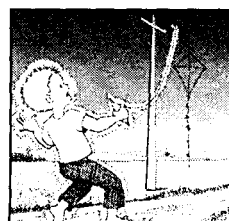
- Evite podar árvores que estejam perto da rede.
- O motivo é simples: os galhos podados podem cair sobre os fios, provocando curto-circuito.
- Quando for necessário podar, corte o perigo: chame a Companhia de Energia de sua cidade.



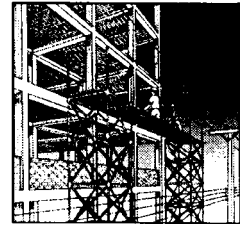
- Não instale antena perto da rede elétrica.
- Nenhum tipo de antena pode ficar perto de fios de luz.
- Instale-a sempre a uma distância no mínimo igual à altura da antena.



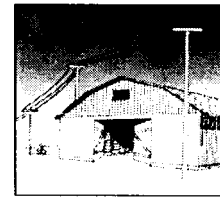
- Nunca empine raias ou pipas próximo aos fios de luz.
- Nem utilize material metálico na confecção das pipas ou raias.
- E se o tempo estiver úmido, procure outra distração.



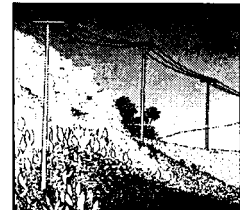
- Cuidado ao deslocar andaimes próximos à rede elétrica.
- Todo cuidado é pouco.
- Encostar andaime, escada ou outro material nos fios elétricos pode ser fatal.



- Não faça construções nem plante árvores de grande porte sob os fios da rede elétrica.
- Para a sua segurança, a faixa de terreno embaixo da rede elétrica deve estar sempre limpa e livre.



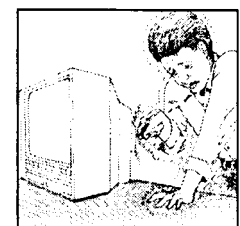
- Não faça queimadas sob as linhas.
- Nem perto delas. O fogo ou mesmo o excesso de calor danificam os cabos e as estruturas, causando curto-circuito e interrompendo o fornecimento de energia.



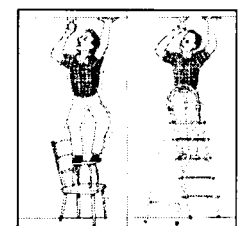
- A presença de água aumenta o choque.
- Não ligue nem desligue aparelhos elétricos pela tomada, em lugares úmidos, molhados ou se os pés estiverem molhados.



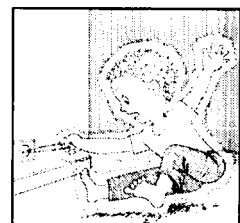
- Evite fazer manutenção em qualquer equipamento elétrico quando ele estiver ligado à tomada.
- O choque elétrico é a "mordida da eletricidade". Que pode ser fatal.



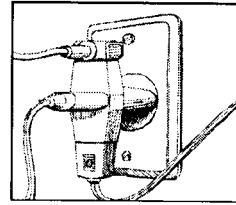
- Não troque lâmpadas penduradas no teto sem estar bem amparado e o disjuntor desligado.
- Segure a lâmpada sempre pelo bulbo.



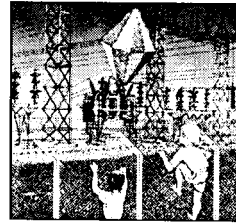
- Perigo! Não permita que crianças introduzam objetos nas tomadas.
- Metais, corpo humano, solo, ar úmido e água, entre outros, são bons condutores de eletricidade.



- Não ligue diversos aparelhos elétricos em uma mesma tomada.
- O uso de "benjamins" pode provocar sobrecarga nas tomadas de luz e a consequência é fogo. Evite incêndios não sobrecarregando a instalação elétrica.



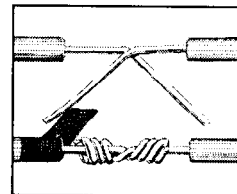
- Nunca entre em subestação.
- Nas subestações, estão localizados vários equipamentos energizados, e somente empregados da Empresa de Energia de sua cidade, treinados, ou pessoas autorizadas podem entrar nessas áreas.



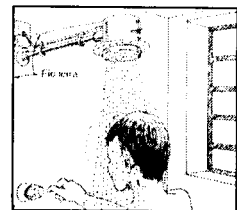
O Que É Preciso Fazer

Para emendar fios elétricos:

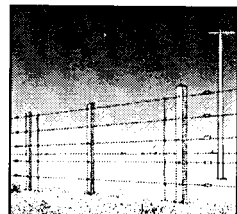
- Uma das maneiras consiste em usar um conector, feito especialmente para isso.
- Outra é agindo assim: desencape os fios a emendar, tirando o isolante. Cruze as pontas desencapadas e enrole uma sobre a outra. Em seguida, é só cobrir a emenda com fita isolante.



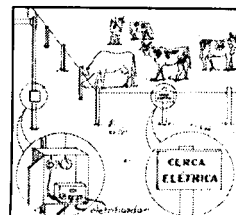
- O chuveiro elétrico deve ser aterrado.
- Se o chuveiro não tiver o fio terra, você corre o risco de tomar choque em vez de banho. Observe a sua correta ligação e, durante o banho, não mude a posição da chave verão-inverno.



- Cercas que passam debaixo da rede têm de ser seccionadas e aterradas.
- Para fazer isso, peça instruções à Companhia de Energia de sua cidade.



- Para utilizar cercas eletrificadas, é necessário consultar a Companhia de Energia de sua cidade.
- Sua finalidade é manter animais numa área determinada (pastagens, curral, etc.) através de aparelhos eletrificadores.



Salvamento - O Que É Preciso Fazer

Em caso de acidentes com eletricidade, aja rápido: os primeiros três minutos após o choque são vitais para o acidentado.

Antes de qualquer coisa, observe se a rede elétrica que deu origem ao choque está desligada. Em seguida, utilizando materiais que não conduzam eletricidade - madeira seca, por exemplo - procure afastar o acidentado da área eletrificada.

Se ele não estiver consciente, inicie imediatamente a respiração boca a boca, conforme as instruções em seguida. Se for necessário, faça a compressão cardíaca.

Respiração Boca a Boca

1. Deite a vítima de costas e incline sua cabeça para trás.
2. Remova dentaduras ou pontes móveis ou qualquer outro corpo estranho da boca da vítima.
3. Feche as narinas da vítima. Coloque sua boca com firmeza sobre a boca da vítima. Sopre até o peito da vítima se encher.
4. Libere a boca da vítima, deixando o ar sair livremente. Repita as operações 13 a 16 vezes por minuto.



Passo 1



Passo 2



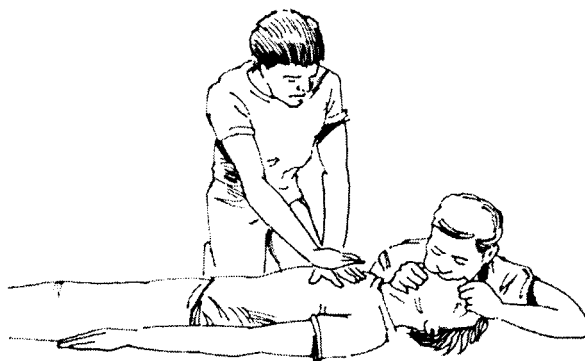
Passo 3



Passo 4

Compressão Cardíaca

1. Coloque a vítima deitada de costas sobre uma superfície plana e dura.
2. Coloque as mãos (somente a parte próxima ao punho) uma sobreposta à outra, na cavidade da parte média do esterno.
3. Faça pressão com vigor, matendo os braços esticados e usando seu próprio peso para pressionar. Repita a operação 60 vezes por minuto.
 - Se tiver que fazer respiração e compressão ao mesmo tempo, para cada 15 compressões, faça duas respirações.
 - Se o socorro for em dupla, para cada cinco pressões faça uma respiração.



8

Previsão de Cargas e Divisão das Instalações Elétricas

- 8.1. Cargas dos Pontos de Utilização
- 8.2. Previsão de Cargas conforme a NBR 5410:2004
- 8.3. Quadro de Distribuição
- 8.4. Divisão da Instalação em Circuitos Terminais

8.1. Cargas dos Pontos de Utilização

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

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

8.2. Previsão de Cargas Conforme a NBR 5410:2004

A Norma **NBR 5410:2004** estabelece as condições mínimas que devem ser tomadas com relação à determinação das potências, bem como as quantidades "aplicáveis a locais utilizados como habitação, fixa ou temporária, compreendendo as unidades residenciais como um todo e, no caso de hotéis, motéis, flats, apart-hotéis, casas de repouso, condomínios, alojamentos e similares, as acomodações destinadas aos hóspedes, aos internos e a servir de moradia a trabalhadores do estabelecimento" (9.5.1)

8.2.1. Iluminação

8.2.1.1. Métodos para o Cálculo de Iluminação

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

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

1. Pela carga mínima exigida pela norma NBR 5410:2004;
2. Pelo método dos lumens;
3. Pelo método das cavidades zonais;
4. Pelo método do ponto por ponto;
5. Pelos métodos dos fabricantes: PHILIPS, GE, LUMICENTER, etc.

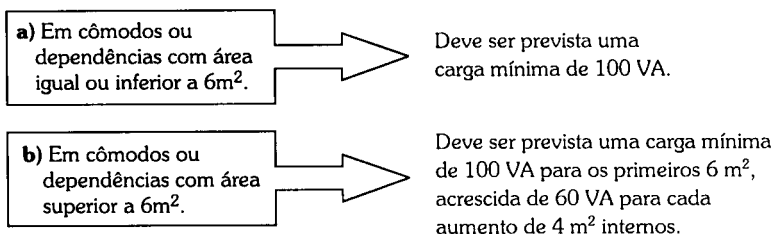
Notas: 1. Os cálculos de iluminação podem ser feitos com auxílio da informática, possibilitando para as situações mais complexas, soluções rápidas e precisas. 2. O objetivo deste livro é fornecer informações básicas sobre conceitos e grandezas de luminotécnica. Caso necessite de informações mais aprofundadas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

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

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

Notas: 1. Nas acomodações de hotéis, motéis e similares pode-se substituir o ponto de luz fixo no teto por tomada de corrente, com potência mínima de 100 VA, comandada por interruptor de parede. 2. Admite-se que o ponto de luz fixo no teto seja substituído por ponto na parede em espaços sob escada, depósito, despensas, lavabos e varandas, desde que de pequenas dimensões e onde a colocação do ponto no teto seja de difícil execução ou não conveniente.

- Arandelas de banheiros: a norma não faz nenhuma referência a respeito das arandelas de banheiros. No entanto, por critérios práticos, recomenda-se a sua utilização, mantendo uma distância mínima 0,60 m (60 cm) do limite do boxe.
2. As Potências Mínimas de Iluminação devem atender como alternativa à aplicação da ABNT NBR 5413. Conforme prescrito na alínea "a" de 4.2.1.2.2 pode ser adotado o seguinte critério:



Notas: 1. Os valores apurados correspondem à potência destinada à iluminação para efeito de dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas. 2. A **NBR 5410:2004** não estabelece critérios para iluminação em áreas externas, ficando a decisão por conta do projetista e do cliente.

8.2.2. Tomadas

8.2.2.1. Recomendações da NBR 5410:2004

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

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

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

<p>e) Em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação devem ser previstos pelo menos:</p>	<p>Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 2,25 m². Admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até 0,80 m no máximo de sua porta de acesso.</p> <p>Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6 m².</p> <p>Um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m², devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.</p>
---	---

Em *halls* de serviço, salas de manutenção e salas de equipamentos, tais como casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de **Tomada de Uso Geral**. Aos circuitos terminais respectivos deve ser atribuída uma potência de no mínimo 1.000 VA. (cf. 4.2.1.2.3 - "b")

8.2.2.1.2. Potências atribuíveis aos pontos de tomada (9.5.2.2.2).

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

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

Aquecedor elétrico de água: A Norma diz que: "a conexão do **aquecedor elétrico de água** ao ponto de utilização **deve ser direta**, sem uso de tomada de corrente (9.5.2.3). (veja figuras 8.16 e 8.17)

Nota: A Norma não entra em detalhes de como fazer a conexão direta, se por conectores ou emenda simples (ver item 10.6). Fica evidente, portanto, que não é permitido conectar chuveiro, torneira elétrica e aquecedores de água com plugues e tomadas.

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

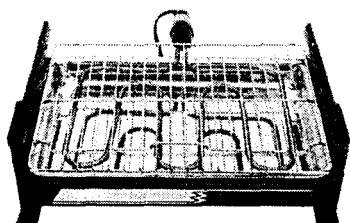


Figura 8.1 - Churrasqueira portátil.

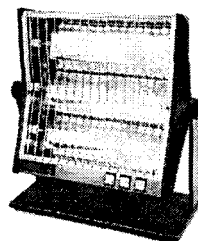


Figura 8.2 - Aquecedor de ambiente.

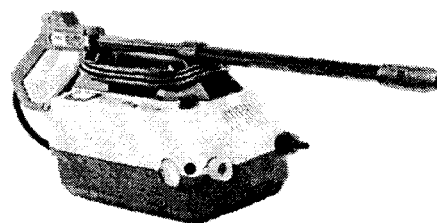


Figura 8.3 - Lavadora de pressão.

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

- A quantidade de **TUE's** é estabelecida de acordo com o número de aparelhos de utilização, com **corrente nominal** superior a **10 A**. (9.5.3.1)
- Atribuir a potência nominal do equipamento a ser alimentado ou à soma das potências nominais dos equipamentos a serem alimentados (por exemplo: sistema de ar condicionado, hidromassagem, etc.). Quando valores precisos não forem conhecidos, a potência atribuída ao ponto de tomada deve seguir um dos dois critérios: (4.2.1.2.3 - "c"):
 - potência ou soma das potências dos equipamentos mais potentes que o ponto pode vir a alimentar; ou
 - potência calculada com base na corrente de projeto e na tensão do circuito respectivo.

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

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

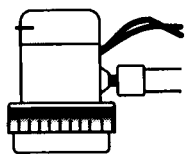


Figura 8.4 - Chuveiro.

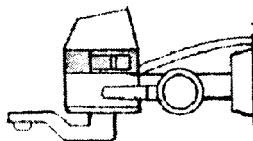


Figura 8.5 - Torneira elétrica.

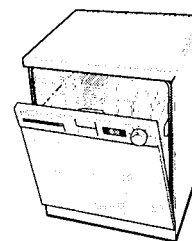


Figura 8.6 - Lavadora de louças.

8.2.2.1.4. Conclusão

A carga de **iluminação** é determinada em função da **área do cômodo** da residência.

A carga de tomadas é determinada primeiramente pela quantidade e em função da:

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

8.2.3. Potências Típicas de Aparelhos Eletrodomésticos

Tabela 8.1 - Valores de Potências Típicas de Aparelhos Eletrodomésticos.

Aparelho	Potência (W)	Aparelho	Potência (W)
Aquecedor de água por acumulação:		Congelador (freezer)	300 a 500
• 30 e 50 litros	2.000	Exaustor doméstico	300
• 80 litros	2.500	Ferro de passar roupa	1.000 a 1.250
• 110 e 150 litros	3.000	Fogão residencial	4.000 a 12.000
• 200 litros	4.000	Forno elétrico	900 a 2.400
• 300 litros	6.000	Forno de microondas	700 a 1.500
• 500 litros	12.000	Geladeira doméstica	150 a 400
Aquecedor de água em passagem	6.000	Lavadora de louças (residencial)	1.200 a 2.000
Aquecedor de ambiente	700 a 1.500	Lavadora de roupas (residencial)	500 a 1.000
Aspirador de pó	750 a 1.100	Liquidificador	100 a 250
Batedeira de bolo	70 a 300	Máquina de escrever	150
Cafeteira	600 a 1.200	Micro e impressora	500 a 800
Chuveiro	4.000 a 7.500	Miniforno	650 a 800
Condicionador de ar:		Secadora de roupa (residencial)	1.400 a 6.000
• 7.500 BTU/1975 kcal/h	1.060 a 1.195	Secador de cabelo portátil	500 a 2.000
• 9.000 BTU/2375 kcal/h	925 a 983	Televisor	70 a 300
• 10.500 BTU/2625 kcal/h	1.300 a 1.510	Torneira elétrica	4.000 a 5.400
• 12.500 BTU/3125 kcal/h	1.560 a 1.700	Torradeira	2.500 a 3.200
• 15.000 BTU/3750 kcal/h	1.830	Triturador de lixo residencial	300 a 600
• 18.000 BTU/4500 kcal/h	1.880	Ventilador portátil	60 a 100
• 21.000 BTU/5250 kcal/h	2.220 a 2.290		
• 30.000 BTU/7500 kcal/h	3.350		

8.3. Quadro de Distribuição

8.3.1. Definição

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

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

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

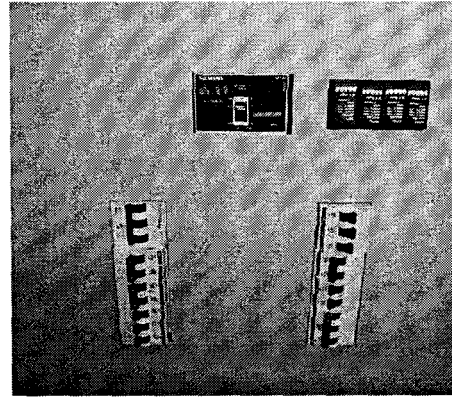


Figura 8.7 - Quadro de distribuição.
Cortesia: Fábrica de Quadros Daisteel.

8.3.2. O Que Deve Ser Observado na Sua Montagem

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

- **Acessibilidade:** "Todos os componentes instalados no quadro de distribuição devem facilitar sua operação, inspeção, manutenção e acesso as suas conexões. O acesso não deve ser muito reduzido pela montagem dos componentes". (6.1.4)
- **Identificação dos componentes:** "Placas, etiquetas e outros meios adequados de identificação devem permitir identificar a finalidade dos dispositivos de comando, manobras e/ou proteção, de forma clara, e de tal forma que a correspondência entre componentes e respectivos circuitos possa ser prontamente reconhecida, evitando qualquer tipo de confusão. Se a atuação de um dispositivo de comando, manobra e/ou proteção não puder ser observada pelo operador e disso puder resultar perigo, deve ser provida alguma sinalização à vista do operador". (6.1.5.1 e 6.5.4.9)
- **Independência dos componentes:** "Os componentes devem ser escolhidos e dispostos de modo a impedir qualquer influência prejudicial entre as instalações elétricas e não-elétricas, bem como entre as instalações elétricas de energia e de sinal da edificação" (6.1.6.1).
- **Componentes fixados na porta:** "Quando houver componentes instalados nas portas ou tampas no QD, tais como condutores e instrumentos, devem ser dispostos de tal forma que os movimentos das portas ou tampas não possam causar danos aos condutores". (6.5.4.6)
- **Espaço reserva:** "Deve-se prever o espaço reserva para instalações futuras, conforme tabela seguinte:"

Tabela 8.2 - Quadros de distribuição - Espaço Reserva.
(Tabela 59 da NBR 5410:2004)

Quantidade de circuitos efetivamente disponível N	Espaço mínimo destinado à reserva (em número de circuitos)
Até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N > 30	0,15 N

Nota: A capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição.

8.3.3. Partes Componentes de um Quadro de Distribuição

- Dispositivos de proteção: disjuntores termomagnéticos (DTM), disjuntores ou interruptores diferenciais (DR) e dispositivos de proteção contra surtos (DPS);
- Barramentos de interligação das fases;
- Barramento de neutro;
- Barramento de proteção (terra);
- Estrutura: composta de caixa metálica ou de PVC, chapa de montagem dos componentes, isoladores, tampa (espelho) e porta com dobradiça.

8.3.4. Localização do(s) Quadro(s) de Distribuição (QD's)

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

- a. Em **locais de fácil acesso** de tal forma que possibilite a maior funcionalidade possível da instalação e, ainda, ser providos de identificação do lado externo, legível e não facilmente removível. (6.5.4.8)
- b. "**Proximidade geométrica das cargas**", possibilitando uma simetria entre as cargas da instalação.
- c. "Os **quadros de distribuição - QD's** devem estar próximos aos **centros de carga** da instalação"; (**centro de carga** é definido como o ponto ou região onde se verifica a maior concentração de potência).
- d. A instalação dos quadros deve ser feita em locais seguros, não permitindo o acesso de terceiros. Cuidar para que eles não sejam submetidos a choques mecânicos.

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

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

8.3.5. Quantidade de QD's

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

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

8.3.6. Tipos de Quadro de Distribuição Principal

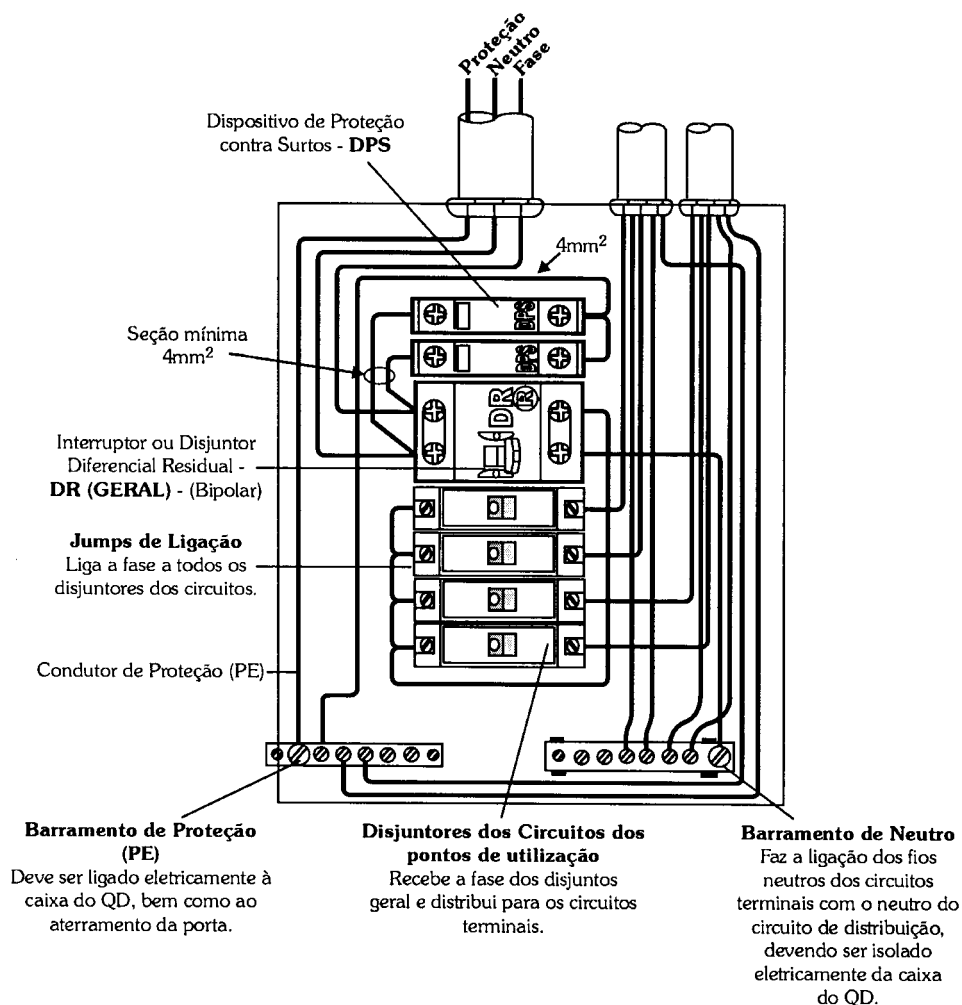


Figura 8.8 - Quadro de Distribuição Monofásico.

Notas Importantes: A Norma **NBR 5410:2004** determina: **1.** Que os QD's devem ser manuseados por pessoas suficientemente informadas e com conhecimento técnico (4.2.6.2.1). **2.** "As instalações para as quais não se prevê equipe permanente de operação, supervisão e/ou manutenção, composta por pessoal advertido ou qualificado (conforme item 1), devem ser entregues acompanhadas de um manual do usuário, redigido em linguagem acessível a leigos, que contenha, no mínimo, os seguintes elementos (6.1.8.3): **a)** esquema(s) do(s) quadro(s) de distribuição com indicação dos circuitos e respectivas finalidades, incluindo relação dos pontos alimentados, no caso de circuitos terminais; **b)** potências máximas que podem ser ligadas em cada circuito terminal efetivamente disponível; **c)** potências máximas previstas nos circuitos deixados como reserva, quando for o caso; e **d)** recomendação explícita para que não sejam trocados, por tipos com características diferentes, os dispositivos de proteção existentes no(s) quadro(s). **São exemplos de tais instalações as de unidades residenciais, de pequenos estabelecimentos comerciais, etc.**" **3)** "Que deverá ser afixado na parte interna da tampa do QD, a seguinte advertência" (6.5.4.10):

Advertência: 1. Quando um disjuntor ou fusível atua, desligando algum circuito ou a instalação inteira, a causa pode ser uma sobrecarga ou um curto-circuito. Desligamentos frequentes são sinal de sobrecarga. Por isso **NUNCA** troque seus disjuntores ou fusíveis por outros de maior corrente (maior amperagem) simplesmente. Como regra, a troca de um disjuntor ou fusível por outro de maior corrente requer, antes, a troca dos fios e cabos elétricos, por outros de maior seção (bitola). **2.** Da mesma forma, **NUNCA** desative ou remova a chave automática de proteção contra choques elétricos (dispositivo DR) mesmo em caso de desligamentos sem causa aparente. Se os desligamentos forem frequentes e, principalmente, se as tentativas de religar a chave não tiverem êxito, significa, muito provavelmente, que a instalação elétrica apresenta anomalias internas, que só podem ser identificadas e corrigidas por profissionais qualificados. **A desativação ou remoção da chave significa a eliminação de medida protetora contra choques elétricos e risco de vida para os usuários da instalação.**

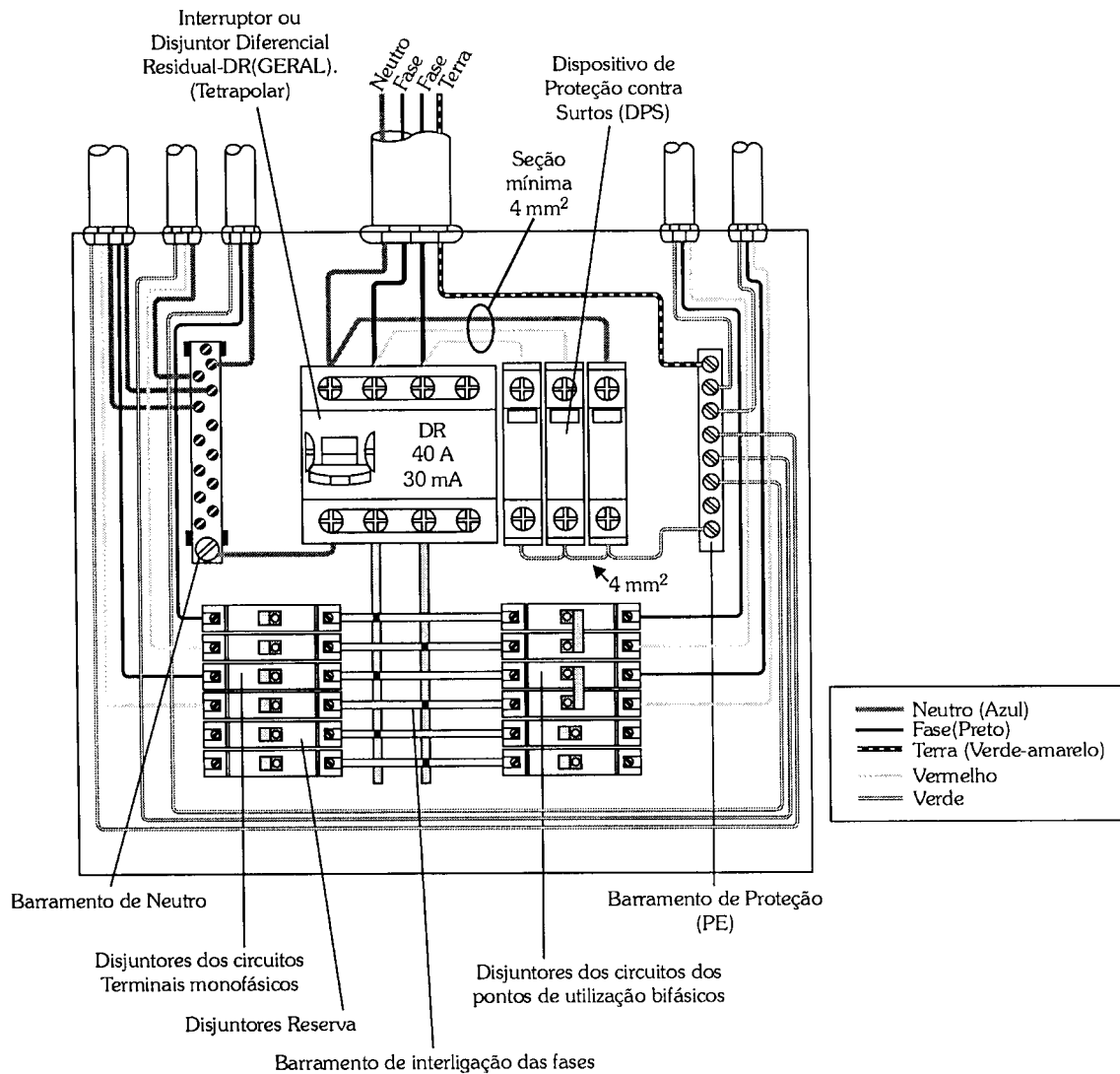


Figura 8.9 - Quadro de distribuição bifásico.

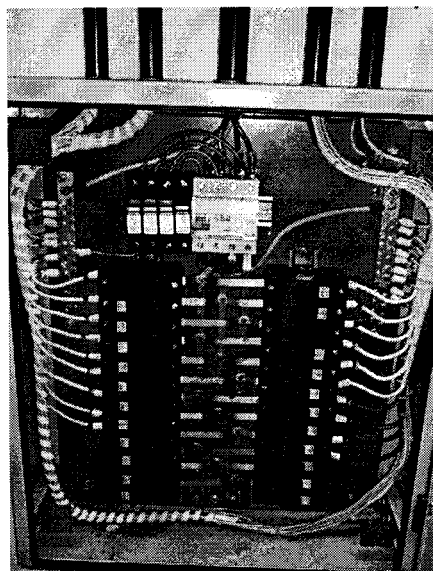


Figura 8.10 - Quadro de distribuição trifásico.

Fonte: Quadro - Elcosul; Interruptor Diferencial - Pial-Legrand; DPS - Phoenix.

Como podemos observar, nos quadros de distribuição são instalados os *dispositivos de proteção*, que são os disjuntores termomagnéticos (DTM) ou disjuntores diferenciais residuais (DR), conforme as figuras 8.11 e 8.12.

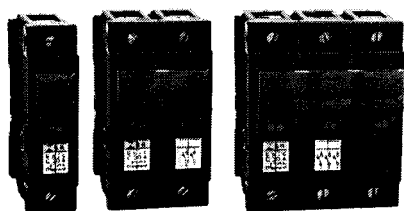


Figura 8.11 - Tipos de disjuntores termomagnéticos UNIC. Cortesia Pial-Legrand.

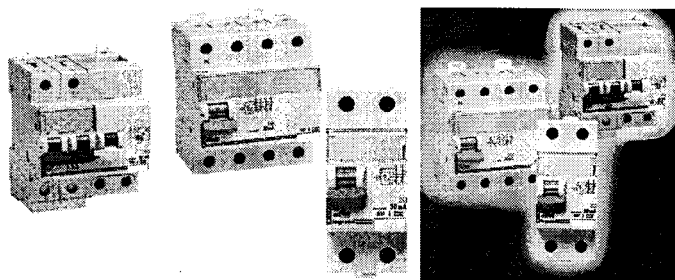


Figura 8.12 - Tipos de disjuntores diferenciais residuais. Cortesia: Bticino.

O funcionamento e dimensionamento desses dispositivos serão analisados no capítulo 12.

8.4. Divisão da Instalação em Circuitos Terminais

8.4.1. Introdução

Após a **determinação da quantidade e localização do QD's**, é de fundamental importância efetuar a **divisão da instalação elétrica em circuitos**, de acordo com as necessidades, em tantos circuitos quantos forem necessários, devendo cada circuito ser concebido de forma a poder ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida através de outro circuito. (4.2.5.1)

A divisão da instalação em circuitos elétricos deve ser de modo a atender... (4.2.5.2)

- **A segurança:** evitando que a falha em um circuito prive a alimentação toda uma área.
- **Conservação de energia:** possibilitando que cargas de iluminação e/ou de climatização sejam acionadas na justa medida das necessidades.
- **Funcionais:** permitindo a criação de diferentes ambientes, como os necessários em auditórios, salas de reuniões, espaços de demonstração, recintos de lazer, etc.
- **A produção:** diminuindo as paralisações de inspeção e de reparo.
- **Manutenção:** facilitando ou possibilitando ações de inspeção, operação, ensaios e de reparo.

E, ... além disso:

- **... a queda de tensão e a corrente nominal serão menores.**

Proporcionando...

... dimensionamento de condutores de menor seção e dispositivos de proteção com menor capacidade nominal.

Para cada circuito terminal deve ser previsto um...

... dispositivo de proteção.

Nas instalações elétricas em geral, devem ser utilizados:

disjuntores termomagnéticos (DTM), disjuntores diferenciais residuais (DR) e dispositivos de proteção contra surtos (DPS).

8.4.2. Circuito Elétrico

É o conjunto de **equipamentos e condutores**, ligados ao mesmo dispositivo de proteção. É constituído, basicamente dos seguintes elementos: **fonte, condutores, proteção, dispositivos de comando (interruptores) e carga**.

Em uma instalação elétrica, existem **dois tipos de circuito**: o de **distribuição** (que atende a várias cargas) e os **circuítos terminais** (que atendem a uma carga específica - ponto de utilização).

Na figura 8.13 vemos os detalhes de uma entrada de energia, desde a conexão do ramal de entrada com o ramal de ligação no poste auxiliar do consumidor. Consultando a concessionária de energia elétrica, comenta-se que para consumidores residenciais a equipotencialização do sistema (BEP) será na própria haste de aterramento, que envolve a rede de entrada de energia juntamente com o condutor de proteção (PE), que segue para a residência.

Os **DPS** somente serão instalados no quadro de distribuição (QD) da residência. Eles não serão instalados na entrada de energia devido à dificuldade de controle por parte do consumidor, e envolveria constantemente a concessionária de energia no caso de sua queima ou manutenção, pois estariam ligados diretamente na rede pelo lado da concessionária.

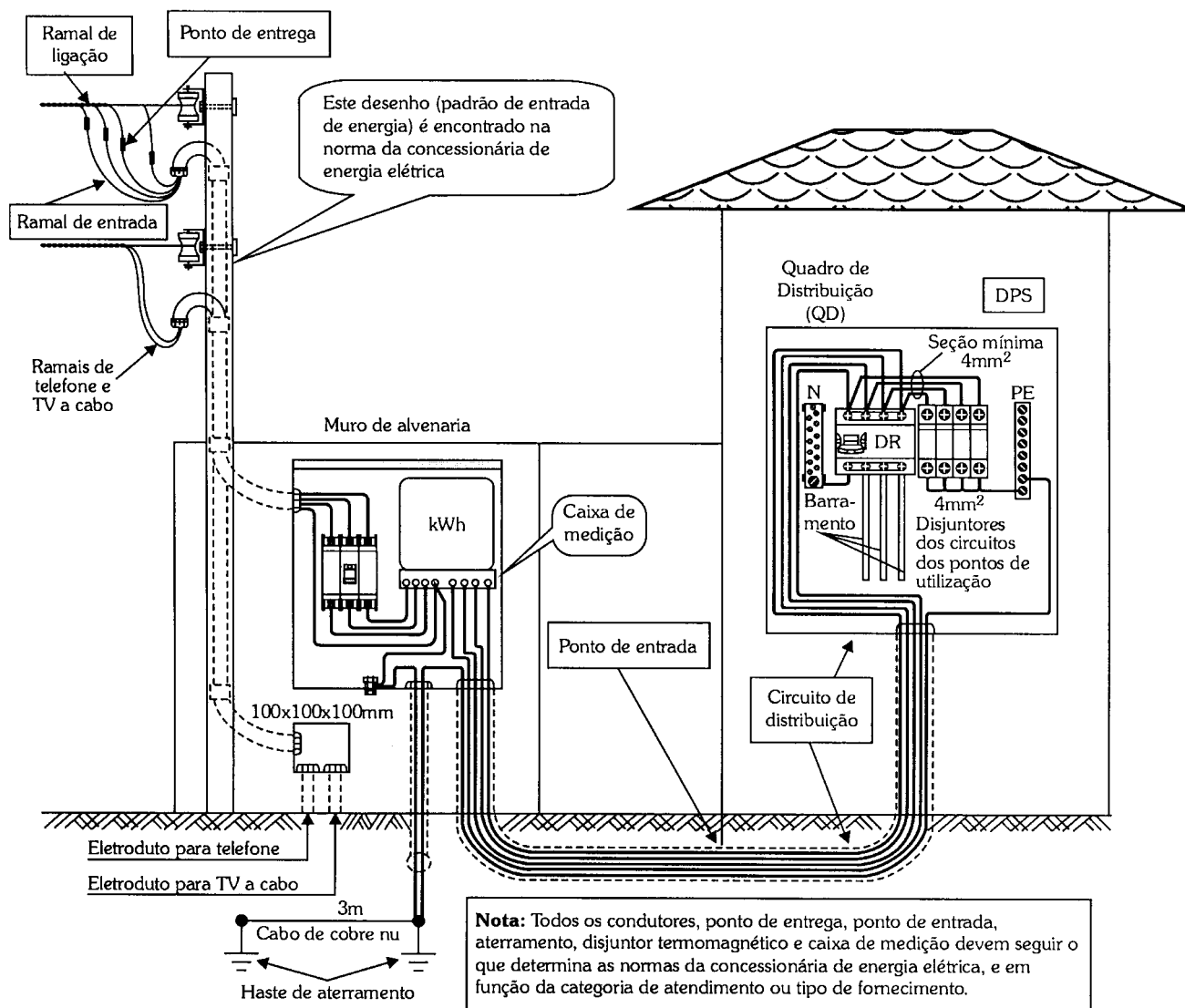
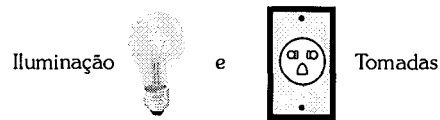


Figura 8.13 - Detalhes de uma entrada de energia desde o poste auxiliar do consumidor até o QD.

8.4.3. Critérios para a Divisão da Instalação em Circuitos

- a. Os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam. Em particular, devem ser previstos circuitos terminais distintos para: (4.2.5.5)



- b. Devem ser previstos circuitos independentes para equipamentos com corrente nominal superior a 10 A. (9.5.3.1)
- c. Devem ser previstos circuitos individuais (tanto quanto forem necessários) para pontos de tomada de cozinha, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos. (9.5.3.2)
- d. Devem ser previstos circuitos individuais (tanto quanto forem necessários) de pontos de tomadas para os demais cômodos ou dependências (isto é, fora aqueles listados no item "c").
- e. Para cada ponto de Tomada de Uso Específico (TUE) deve ser previsto circuito exclusivo.
- f. Limitar em **1.200 VA a 1.500VA em 127 V e 2.200VA a 2.500 VA em 220 V**, a potência máxima dos circuitos de iluminação. E **1.800VA a 2.000VA em 127V e 3.600VA a 4.000VA** para as **TUG's**, e em circuitos exclusivos de **TUE's** podem ser ligadas tanto em 127 V como em 220 V, conforme a necessidade ou as determinações do fabricante.
- g. Nos circuitos de pontos de tomadas de cozinha, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, as potências dos circuitos podem ser conforme determina a norma. Em geral, o limite pode chegar a **2.100 VA**, que corresponde até seis pontos de tomadas 600VA + 600VA + 600VA + 100VA + 100VA + 100VA. Se forem previstos sete pontos de tomadas, a potência será de 600VA + 600VA + 100VA + 100VA + 100VA + 100VA + 100VA = **1.700 VA**. (cf. 9.5.2.2.2)
- h. Nas instalações alimentadas com duas ou três fases, as cargas devem ser distribuídas entre as fases de modo a obter-se o maior equilíbrio possível.

8.4.4. Circuitos Terminais

Os circuitos terminais partem do quadro de distribuição e alimentam diretamente lâmpadas, tomadas de uso geral (TUG's) e tomadas de uso específico (TUE's).

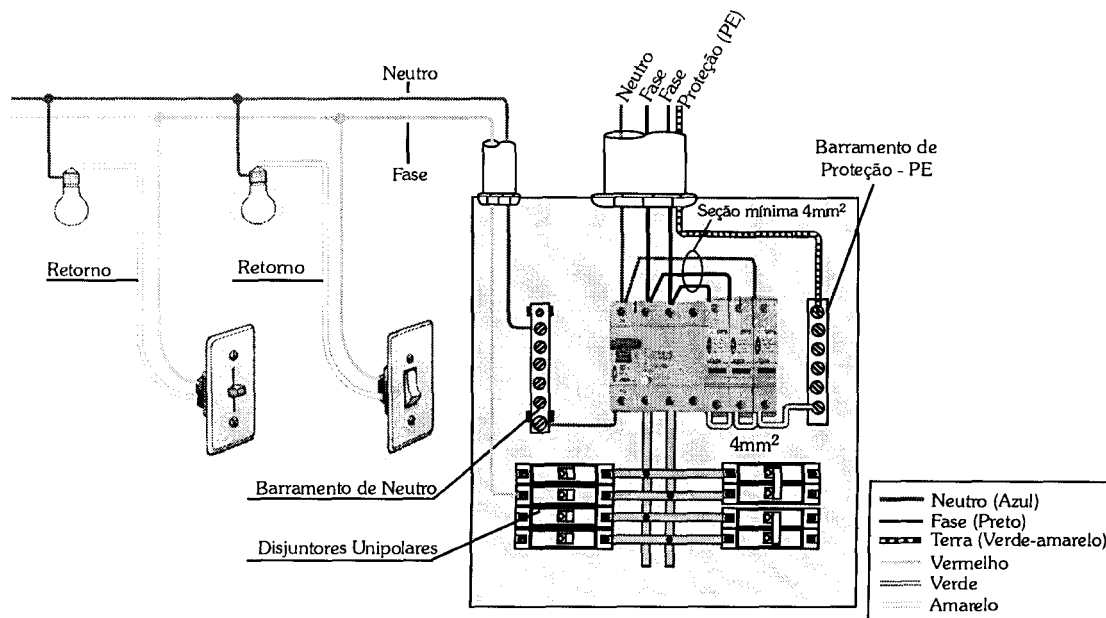


Figura 8.14 - Circuito de iluminação (monofásico). Fonte: CSP/PIRELLI; DR e DPS - Fonte: Pial Legrand.

Nota: A iluminação incandescente em unidades habitacionais pode ser substituída por lâmpada(s) fluorescente(s) compacta(s), que são mais econômicas. Exemplo: Uma lâmpada incandescente de 60 W pode ser substituída por uma lâmpada fluorescente compacta de 15 W, com a mesma quantidade de luz. Veja em seguida algumas comparações:

Fluorescente Compacta (W)	Incandescente (W)	Fluorescente Circular (W)	Incandescente (W)
11	40	15	60
15	60	20	100
18	75	40	200
24 ou 25	100	-	-

Cortesia: Eletrobrás/Procel.

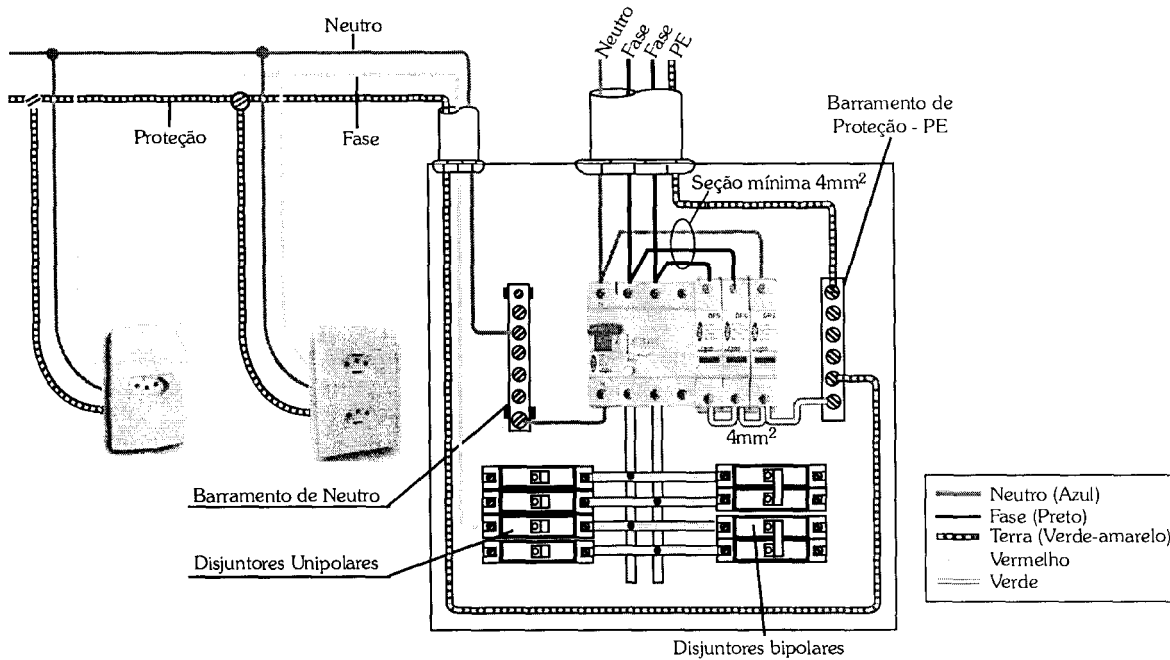


Figura 8.15 - Circuito de tomadas de uso geral - TUG's (Monofásico). Fonte: DR e DPS - Pial Legrand.

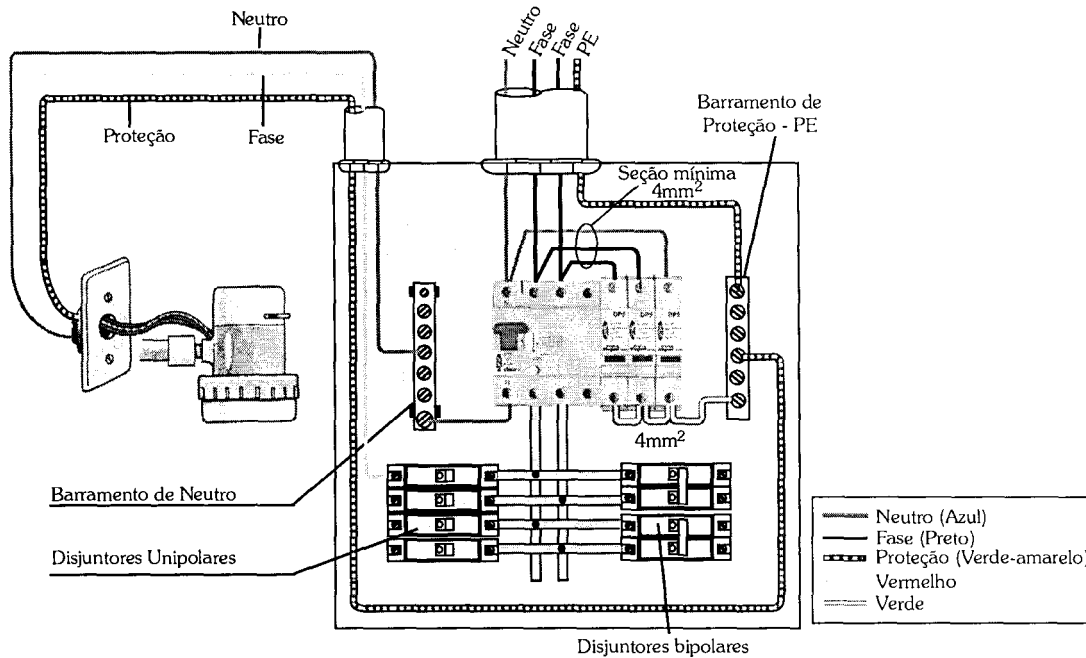


Figura 8.16 - Circuito de tomadas de uso específico - TUE (127 V). Fonte: CESP/PIRELLI; DR e DPS - Pial Legrand.

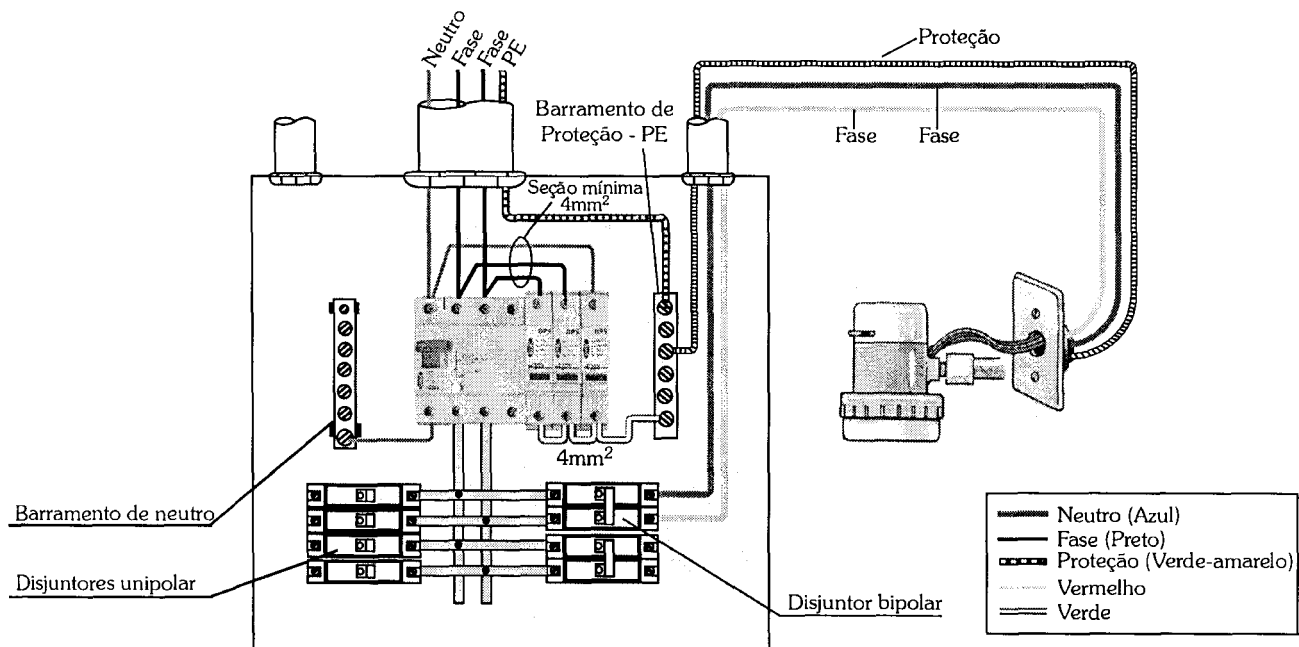


Figura 8.17 - Circuito de tomadas de uso específico - TUE (220 V). Fonte: CESP/PIRELLI; DR e DPS - Pial Legrand.

8.4.5. Representação de Esquemas Multifilares ou Unifilar dos Quadros de Distribuição

Após a divisão da instalação em circuitos terminais ou de distribuição e completado(s) o(s) "Quadro(s) de Distribuição de Cargas" (veja detalhes na página 398), elaboram-se os **desenhos esquemáticos**, os quais podem ser representados de duas formas: **Esquema Multifilar ou Esquema Unifilar**. O Esquema Multifilar é o recomendado e o mais utilizado por ser mais detalhado em suas ligações.

8.4.5.1. Esquema Multifilar

Observações: **1.** Essa forma de distribuição dos barramentos vem de fábrica, ou seja, a conexão dos barramentos principais (que sai do DR ou de um outro disjuntor geral) com os barramentos secundários (dos circuitos de distribuição ou terminais) é feita de maneira seqüencial ou em cascata de acordo com as fases, seja R,S,T ou L₁, L₂, L₃ ou, ainda, A, B, C. **2.** Os números dos circuitos dos pontos de utilização serão distribuídos conforme quadro de cargas que será visto no capítulo 10. **3.** Até 16 mm² todos os condutores fase(s), neutro e proteção(terra) têm a mesma seção. A quantidade de condutores pode ser vista analisando a fiação do projeto elétrico. **4.** O número de espaços de circuitos reserva que deve ser deixado no QD pode ser obtido na tabela da página 191.

8.4.5.3. Esquema Multifilar de um Quadro de Distribuição (QD) com Disjuntor Termomagnético (DTM) e DR como Geral

Neste exemplo de esquema é instalado um disjuntor termomagnético (DTM) antes do interruptor diferencial residual (DR). A função do DTM, neste caso, é oferecer a proteção contra sobrecarga e curto-circuito e também facilitar a substituição, no caso de defeito, do DR ou dos DPS. E o DR oferece a proteção à corrente de fuga.

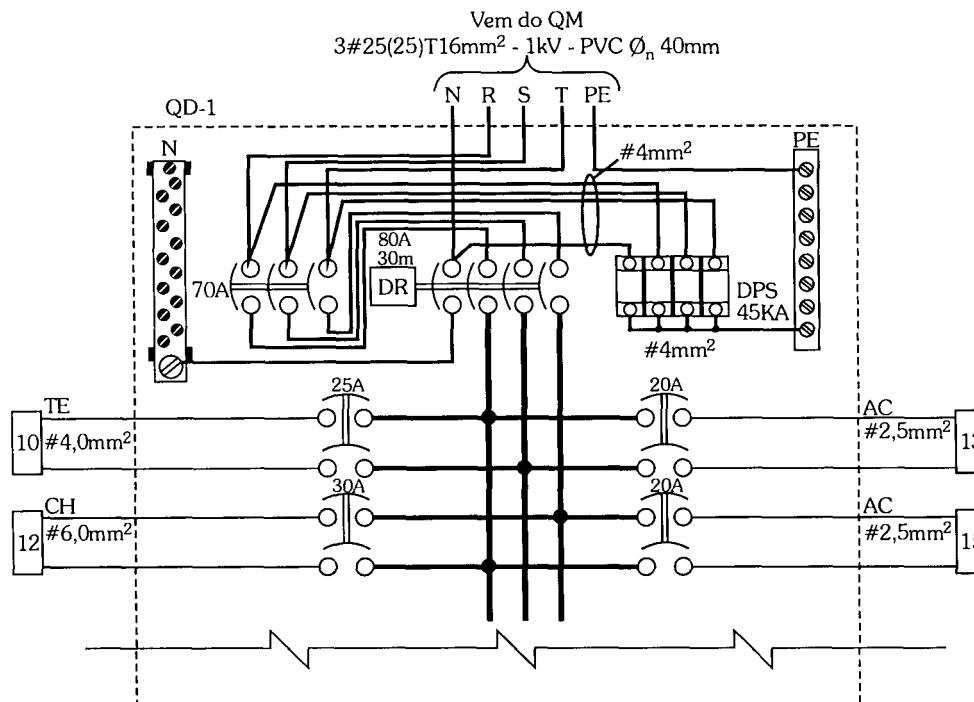


Figura 8.20 - Representação parcial do Esquema Multifilar com DTM e DR como Geral.
(Este esquema, após o DR, é semelhante ao da figura 8.18)

9

Fornecimento de Energia Elétrica

9.1. Definições

9.2. Limite de Fornecimento: Utilização e Demanda - Potência de Alimentação

9.3. Padrão Construtivo ou Padrão de Entrada

9.1. Definições

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

A seguir, são apresentados os principais termos técnicos utilizados em normas de fornecimento de energia (COPEL, CEMIG e CESP).

9.1.1. Normas

- **NTC9-01100** - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição - COPEL.
- **NTC9-01110** - Atendimento a Edifícios de Uso Coletivo - COPEL.
- **ND 5.1** - Fornecimento em Tensão Secundária - Rede de Distribuição Aérea-Edificações Individuais - CEMIG.
- **ND 5.2** - Fornecimento em Tensão Secundária - Rede de Distribuição Aérea-Edificações Coletivas - CEMIG.

9.1.2. Consumidor

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

9.1.3. Unidade Consumidora

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

9.1.4. Agrupamento de Unidades Consumidoras

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

9.1.5. Edifício de Uso Coletivo

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

9.1.6. Ponto de Entrega

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

9.1.7. Entrada de Serviço

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

9.1.8. Ramal de Ligação

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

9.1.9. Ramal de Entrada

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

9.1.10. Ramal Alimentador

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

9.1.11. Limitador de Fornecimento

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

9.1.12. Centro de Medição

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

9.1.13. Caixa para Medidor

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

9.1.14. Caixa para Disjuntor de Proteção

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

9.1.15. Cabina

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

9.1.16. Medição Direta

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

9.1.17. Medição Indireta

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

9.1.18. Chave de Aferição

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

9.1.19. Demanda

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

9.1.20. Alimentador Principal ou Prumada

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

9.2. Limite de Fornecimento:

Utilização e Demanda - Potência de Alimentação

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

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

9.2.1. Especificação de Entradas de Energia

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

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

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

Exemplo:

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

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

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

- a) Ao prever as cargas, estuda-se a melhor forma de instalar os pontos de utilização de energia elétrica.
- b) A utilização da energia elétrica varia no decorrer do dia, porque o(s) usuário(s) não utiliza(m) ao mesmo tempo (simultaneamente) todos os pontos da instalação.
- c) A **carga instalada** não varia, mas a **demand** varia.

Nota: No caso de reforma ou ampliação, pode ocorrer aumento da carga instalada. No entanto, "é vedado qualquer aumento de carga que supere o limite correspondente a cada categoria de atendimento, sem ser previamente solicitado pelo interessado e apreciado pela concessionária" (No caso a COPEL ou da concessionária da sua região).

Para que serve o cálculo de demanda?



Serve para o **dimensionamento e especificação da entrada de energia**, adequando uma **categoria de atendimento (tipo de fornecimento)** à respectiva carga (**demand**) do consumidor.

- d) Caso a especificação da entrada de energia fosse feita pela carga (potência) instalada, em vez da demanda, haveria um superdimensionamento de todos os elementos (disjuntores, condutores, poste, etc.) que compõem a **entrada de energia** e, conseqüentemente, em vez de se adotar uma categoria adequada, passar-se-ia para uma categoria superior, tendo como conseqüência os custos maiores, sem necessidade.
- e) O **cálculo da demanda** é um **método estatístico**, e suas tabelas foram elaboradas em função de estudos e experiências dos projetistas.
- f) A **demand**, por ser um método estatístico, não pode ter o seu valor considerado como **único e verdadeiro**, por isso é chamado de "**provável máxima demand**" ou "**demand máxima prevista**". Para simplificar, chamaremos somente de **demand (D)**.
- g) O cálculo da demanda depende da concessionária de cada região.

A figura 9.1 mostra o comportamento da demanda de um consumidor residencial.

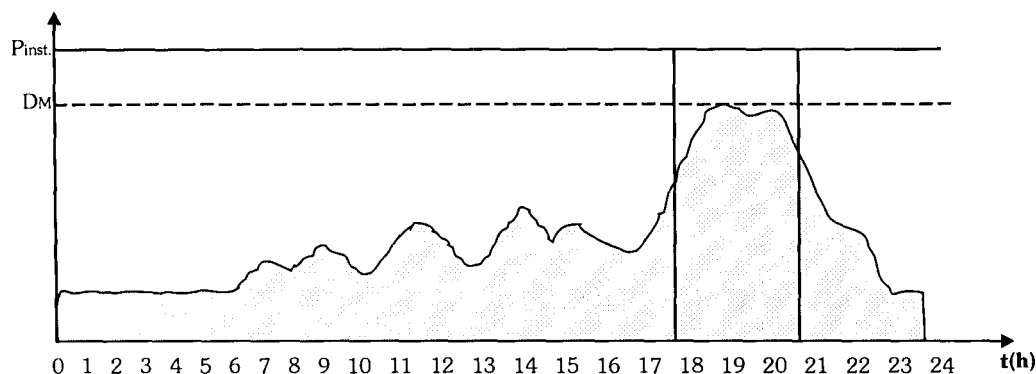


Figura 9.1 - Exemplo de curva de solicitação diária de um consumidor residencial.

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

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

sendo:

- **D** - Demand individual da unidade consumidora, em **kVA**.
- **P₁** - Soma das potências ativas da iluminação e Tomadas de Uso Geral - TUG's, em watts (W).
- **P₂** - Soma das potências de Tomadas de Uso Específico - TUE's, em watts (W).
- **g₁** - Fator de demand dado pela Tabela 9.1.
- **g₂** - Fator de demand dado pela Tabela 9.2.

3. Fator de demanda

Para calcular a **demanda (D)**, é necessário conhecer o **fator de demanda (g_1 e g_2)**. As tabelas 9.1 e 9.2 fornecem esses valores.

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

Tabela 9.1 - Fatores de demanda para iluminação e tomadas de uso geral - TUG's.

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

Tabela 9.2 - Fatores de demanda para tomadas de uso específico - TUE's.

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

4. Objetivos da especificação da entrada de energia

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

5. Procedimento para a especificação da entrada de energia

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

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

6. Fator de potência

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

1) Circuitos puramente resistivos	- lâmpadas incandescentes - chuveiros - aquecedores, etc.	FP = cos ϕ = 1,0
2) Circuitos indutivos	- motores - transformadores - reatores, etc.	FP = cos ϕ < 1,0

Limitações																					
Categoria	NTC	Demanda máxima prevista (kVA)	Carga instalada (kW)	Disjuntor (A)	Características do atendimento			cv do maior motor e solda a motor			kVA do maior aparelho de solda						kVA do maior aparelho de RX				
					Fases	Fios	Ligação	Tensão (V)	Retificador			Transformador			Monof.			Trif.			
									Monof.	Trif.		Monof.	Trif.		Monof.	Trif.	Trif.	Monof.	Trif.	Trif.	
									127 V	220V	220 V	127V	220 V	220 V	127 V	220 V	220 V	127 V	220 V	220 V	
12	9-30XXX	6	6	50	1	2		127	2	-	-	0,75	-	-	0,75	-	-	0,75	-	-	
14		9	9	70	1	2		127	2	-	-	1,5	-	-	1,5	-	-	3	-	-	
19	9-47XXX	N2 10(5)	N2 10(5)	40	1	3		127/254	2	N6 3	-	0,75	1,5	-	0,75	1,5	-	0,75	1,5	-	
22		N2 15(10)	-	70	1	3		127/254	2	N6 7,5	-	1,5	3	-	1,5	3	-	3	5	-	
N1 25	9-48XXX	N2 22(15)	-	100	1	3		127/254	3	N6 10	-	3	7,5	-	3	7,5	-	6,5	10	-	
28	9-35XXX	11	-	50	2	3		220/127	2	3	-	0,75	1,5	-	0,75	1,5	-	0,75	1,5	-	
30	9-36XXX	15	-	70	2	3		220/127	2	7,5	-	1,5	3	-	1,5	3	-	3	5	-	
36	9-40XXX	19	-	50	3	4		220/127	2	3	12,5	0,75	1,5	3	0,75	1,5	3	0,75	1,5	3	
38	9-41XXX	26	-	70	3	4		220/127	2	7,5	20	3	5	12	3	5	12	3	5	12	
41	9-42XXX	38	-	100	3	4		220/127	3	10	25	6,5	12	12	6,5	12	12	6,5	10	20	
42	9-43XXX	48	-	125	3	4		220/127	7,5	12,5	30	6,5	12	12	6,5	12	12	6,5	10	20	
43	9-43XXX	57	-	150	3	4		220/127	7,5	12,5	40	6,5	12	21	6,5	12	12	6,5	20	32	
45		9-44XXX	76	-	200	3		4	220/127	7,5	12,5	50	6,5	12	21	6,5	12	12	6,5	20	50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	

N = Notas (Veja na página 212)

Dimensionamento																						
Categoria	Demanda Máxima Prevista (kVA)	Carga Instalada (kW)	Disjuntor (A)	Condutores						Eletroduto Ramal de Entrada		Medição			Caixas Padrão			Medidores				
				Ramal de Ligação			Ramal de Entrada Embrutido ou Subterrâneo		Aterramento			PVC Ø nominal	Aço-Carbono Ø Interno mínimo	kWh	kvarh	Relação de TC xxx - 5A	Medidor	Transformador (Tc)	Disjuntor	Número de Fios	Número de Elementos	Corrente Nominal Máxima (A)
				Cobre mm ²	Alumínio		Cobre mm ²	Cobre mm ²	Aço-Cobre AWG													
					mm ²	mm ²				AWG												
12	6	6	50	10	16	6	10	10	8	25	21	x	-	-	AN	-	-	2	1	15/100		
14	9	9	70	10	16	4	16	16	4	25	21	x	-	-	AN	-	-	2	1	15/100		
19	N2 10(5)	N2 10(5)	40	10	16	6	10	10	8	25	21	x	-	-	AN	-	-	3	1	15/100		
22	N2 15(10)	-	70	10	16	4	16	16	4	32	25	x	-	-	AN	-	-	3	1	15/100		
N1 25	N2 22(15)	-	100	16	25	2	25	16	4	40	33	x	-	-	CN	-	-	3	1	15/100		
28	11	-	50	10	16	6	10	10	8	25	21	x	-	-	CN	-	-	3	2	15/120		
30	15	-	70	10	16	4	25	16	4	40	33	x	-	-	CN	-	-	3	2	15/120		
36	19	-	50	10	16	6	10	10	8	25	21	x	N9	-	CN	-	-	4	3	15/120		
38	26	-	70	10	16	4	25	16	4	40	33	x	N9	-	CN	-	-	4	3	15/120		
41	38	-	100	16	25	2	35(25)	16	4	40	33	x	N9	-	CN	-	-	4	3	15/120		
42	48	-	125	25	35	2	50(25)	25	2	60	50	x	N9	N12 100	EN	N12 DN	GN	4	3	N13 30/200 2,5/10		
43	57	-	150	35	50	1/0	70(35)	35	1/0	60	50	x	N9	N12 100	EN	N12 DN	GN	4	3	N13 30/200 2,5/10		
45	76	-	200	50	70	2/0	95(50)	50	1/0	75	62	x	N9	N12 200	EN	N12 DN	GN	4	3	N13 30/200 2,5/10		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		

N = Notas (veja na página 212)

Notas:

1. A categoria 25 é aplicável somente em atendimentos por meio de rede de distribuição primária não trifásica, a partir de transformador exclusivo.
2. Os valores entre parênteses indicados para as categorias 19, 22 e 25 são aplicáveis somente a programas específicos de eletrificação rural, desenvolvidos pela COPEL.
3. Para motores monofásicos, devem ser utilizados os dispositivos indicados em seguida:
 - Motores até 5 cv (inclusive) - partida direta;
 - Motores com potência acima de 5 cv - chave compensadora ou série-paralelo.
4. Para motores trifásicos com rotor em curto - circuito e síncronos:
 - Até 5 cv (inclusive) - partida direta;
 - Maior que 5 cv até 15 cv - chave estrela - triângulo, chave série -paralelo ou compensadora com redução da tensão de partida para, pelos menos, 65% da tensão nominal;
 - Superior a 15 cv - chave estrela-triângulo ou compensadora com redução da tensão de partida para, pelos menos, 65% da tensão nominal, de preferência automática.
5. Nas categorias com ligação de 127/254 V, não é recomendável a utilização, na tensão de 254 V, de lâmpadas sem reatores e de aparelhos eletrodomésticos.
6. Nas categorias com ligação de 127/254 V, devem ser utilizados, na tensão de 254 V, motores com tensão nominal de 254 V.
7. Os condutores do ramal de entrada foram dimensionados considerando fios de cabos com isolamento de PVC, a temperatura ambiente de 30°C.
8. Será permitida a utilização de disjuntor termomagnético (limitador de fornecimento) de menor corrente nominal, a critério dos interessados ou por exigência da COPEL.
9. Atendimento sujeito à medição transitória de energia reativa (controle de fator de potência).
10. No dimensionamento dos ramais de entrada, as bitolas nos condutores indicados entre parênteses referem-se ao condutor neutro.
11. As dimensões estabelecidas na tabela para condutores e eletrodutos são mínimas. Podem ser adotadas bitolas maiores caso as condições da instalação assim o exigirem.
12. Aplicável somente às instalações existentes.
13. Os medidores com corrente nominal/máxima 30/200A são aplicáveis às categorias 42, 43 e 45 para os casos de medição direta.

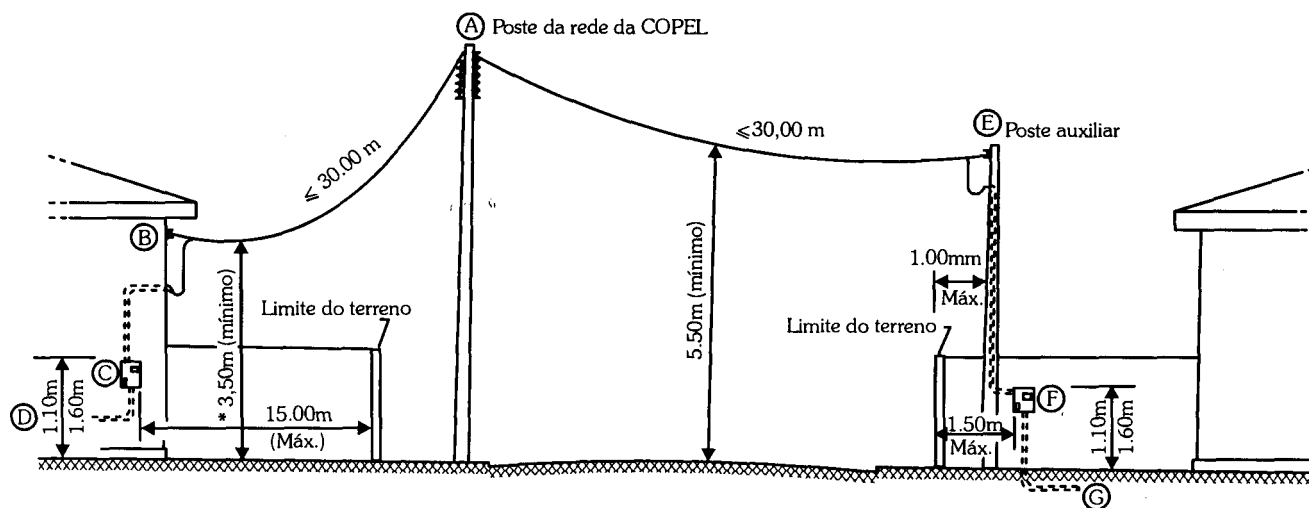
Tabela 9.5 - Esforços admissíveis em postes e pontaletes de entrada de energia.

Categoria	Carga a 200 mm do Topo	
	Postes (daN)	Pontaletes (daN)
12	75	75
14	75	75
19	75	75
22	75	75
25	100	-
28	75	75
30	75	75
36	75	75
38	100	-
41	200	-
42	200	-
43	300	-
45	300	-

9.2.2. Consumidor Individual

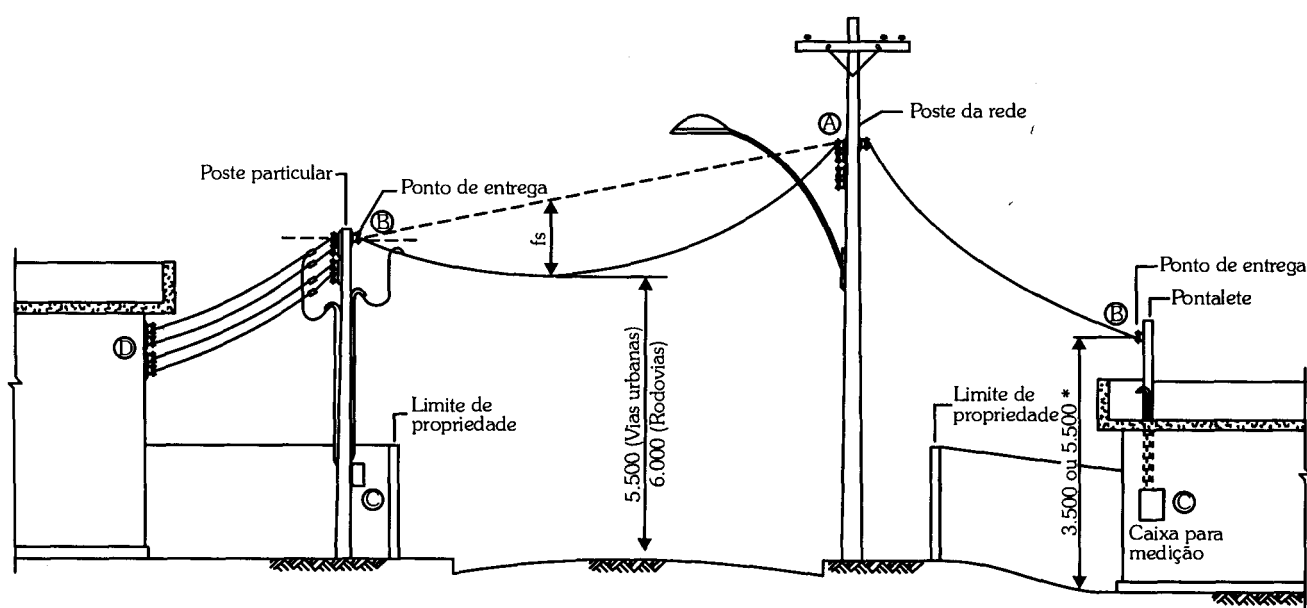
É o fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição, às unidades consumidoras (edificações urbanas, residenciais, comerciais ou industriais), cuja potência instalada seja igual ou inferior a 75 kW. Essa limitação é adotada pela maioria das concessionárias: do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

As figuras 9.2 e 9.3 mostram os principais detalhes de entradas de energia padrão para consumidores individuais.



A B - Ramal de ligação A E - Ramal de ligação B C - Ramal de entrada embutido E F - Ramal de entrada embutido
 C D - Ramal alimentador embutido F G - Ramal alimentador subterrâneo A C - Entrada de serviço A F - Entrada de serviço

Figura 9.2 - Componentes e alturas mínimas da entrada de serviço para consumidores individuais em baixa tensão. Fonte: NTC - 9-01100 - COPEL.



A B - Ramal de ligação A C - Entrada de serviço * - local de passagem de veículos pesados
 B C - Ramal de entrada C D - Ramal interno - saída aérea fs - flecha máxima do cabo multiplex
 Observação: Altura mínima de acordo com os valores indicados no NBR 5434.

Figura 9.3 - Componentes e alturas mínimas de entrada de serviço para consumidores individuais em baixa tensão. Fonte: ND 5.1 - CEMIG.

Nas regiões onde o fornecimento de energia elétrica é de concessão da **COPEL**, caso a potência seja:

Até 9.000 VA = 9 kVA ou 9.000 W = 9 kW: **Fornecimento monofásico** (figura 9.4).

- feito em dois fios: um neutro e uma fase.
- tensão: **127 V**.

Acima de 9.000 VA = 9 kVA até 15.000 VA = 15 kVA: **Fornecimento bifásico** (figura 9.5).

- feito em três fios: um neutro e duas fases.
- tensão: **220/127V**.

Acima de 15.000 VA = 15 kVA até 76.000 VA = 76 kVA (demanda) ou 75 kW (que é o limite de fornecimento em BT): **Fornecimento trifásico** (figura 9.6).

- feito em quatro fios: um neutro e três fases.
- tensão: **220/127V**.

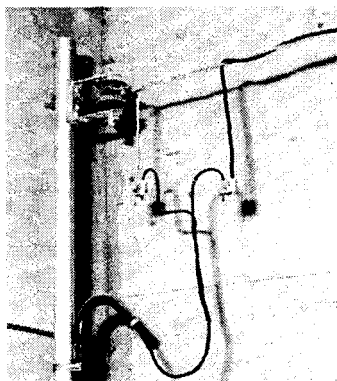


Figura 9.4

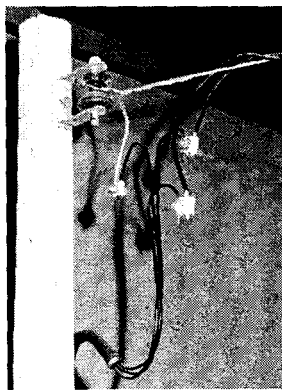


Figura 9.5

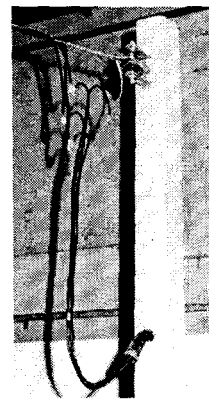


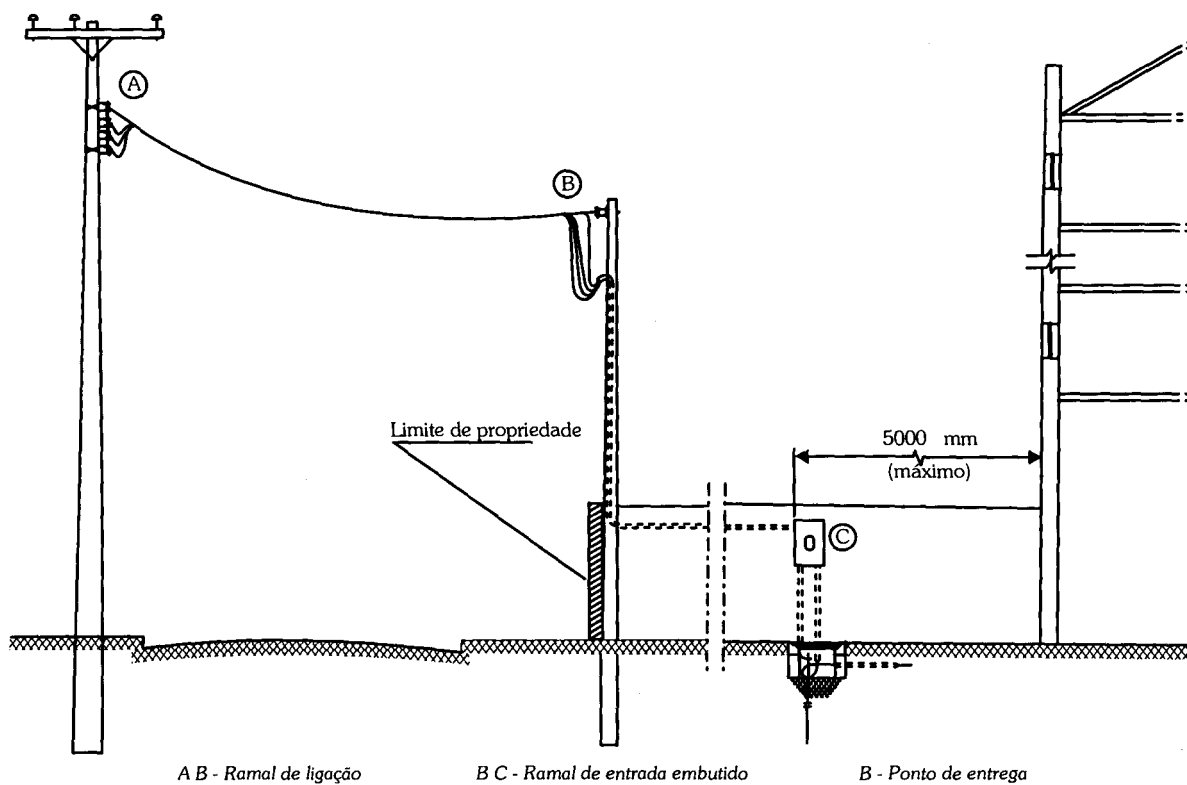
Figura 9.6

9.2.3. Edifícios de Uso Coletivo

O atendimento às **edificações de uso coletivo e agrupamentos** é definido em função da demanda total utilizada para o dimensionamento dos componentes da entrada de serviço, cujas potências limites são:

- Até 75 kVA (NTC 9-01110 - COPEL)
- Até 95 kVA (ND 5.2 - CEMIG)

Alimentados em tensão secundária, diretamente da rede de distribuição em baixa tensão (figura 9.7).



A B - Ramal de ligação

B C - Ramal de entrada embutido

B - Ponto de entrega

Figura 9.7 - Entrada de serviço para atendimento a edifícios de uso coletivo até 75 kVA em baixa tensão. Fonte: NTC 9-01110 - COPEL.

Para demandas superiores:

- 75 kVA a 300 kVA (NTC 9 -01110 - COPEL)
- 95 kVA a 245 kVA (ND 5.2 - CEMIG)

O atendimento será feito por ramal de entrada subterrâneo derivado do secundário do transformador de distribuição instalado no poste da concessionária (figura 9.8).

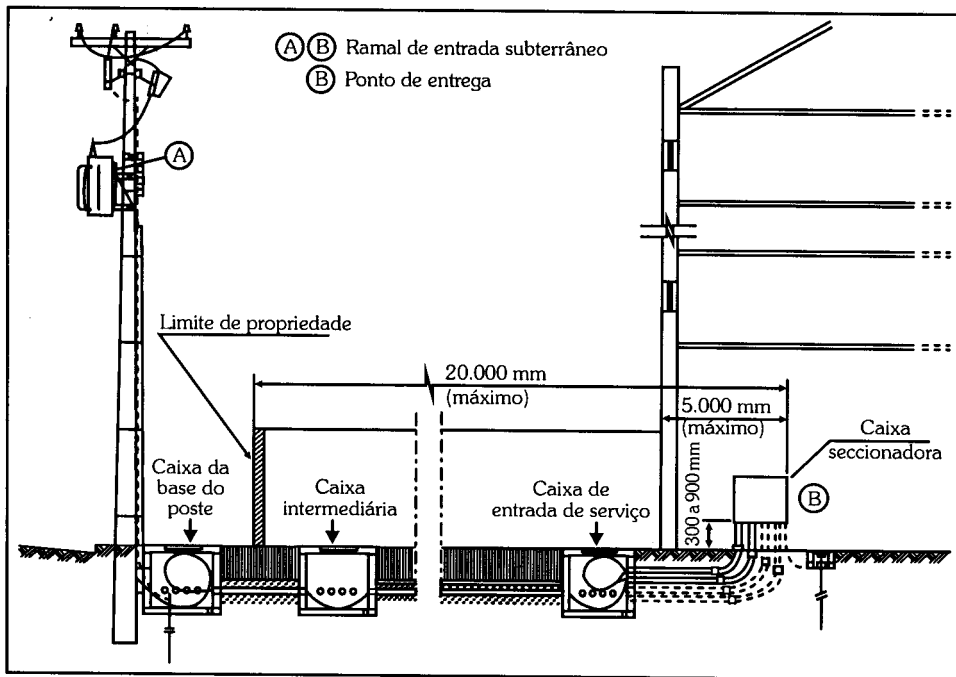


Figura 9.8 - Entrada de energia subterrânea - demanda 75 kVA a 300 kVA. Fonte: NTC 9 - 01110 - COPEL.

- 300 kVA a 500 kVA (NTC 9 - 01110 - COPEL)
- 245 kVA a 500 kVA (ND 5.2 - CEMIG)

Deve ser construída cabine para instalação do(s) transformador(es) dentro dos limites de propriedade do consumidor (figura 9.9).

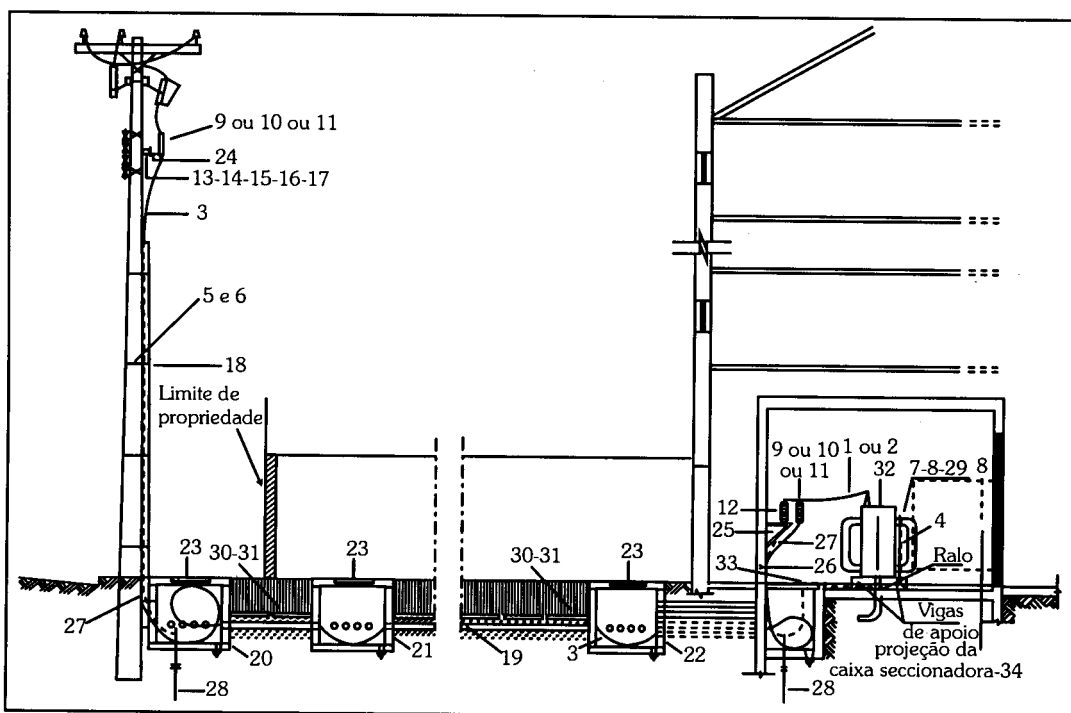


Figura 9.9 - Entrada de energia subterrânea em AT com demanda de 300 a 500 kVA. Fonte: NTC 9 - 01110 - COPEL.

Pos.	NTC	Denominação	Unid	Quant.	Fornecimento	
					Cons.	Copel
1	810501	Fio nu de cobre, bitola 6 AWG ou 16 mm ² , têmpera meio dura.	m	V		X
2	510553	Cabo nu de alumínio, bitola 2 AWG.	m	V		X
3	815052	Cabo de alumínio, bitola 1/0 AWG, isolamento 15 kV.	m	V		X
4	815023	Cabo de alumínio, isolamento 600 V, bitola 350 MCM.	m	V		X
5	813510	Fita de aço inoxidável F6-30.	m	V		X
6	813580	Fecho para fita de aço FF-1.	pç	V		X
7	813085	Barramento para terminal de B.T. de transformador.	pç	4		X
8	812811	Conector terminal bimetálico para cabo de alumínio bitola 350 MCM.	pç	32		X
9	815101	Mufla de porcelana para 15 kV, para cabo 1/0 AWG.	pç	8		X
10	815105	Mufla pré-moldada para 15 kV, para cabo 1/0 AWG.	pç	8		X
11	815110	Mufla termocontrátil para 15 kV, para cabo 1/0 AWG.	pç	8		X
12	811258	Pára-raios do tipo válvula, 15 kV.	pç	3		X
13	811500	Cruzeta de madeira de lei de 2 m, montagem normal.	pç	1		X
14	811520	Mão francesa de aço, para montagem normal, perfil chato, de 38 mm x 5 mm com 610 mm de comprimento.	pç	2		X
15	811804	Parafuso de aço, diâmetro 16 mm, com rosca M16x2, cabeça quadrada, com 130 mm de comprimento.	pç	2		X
16	811806 a 811811	Parafuso de aço, diâmetro 16 mm, com rosca M16x2, cabeça quadrada, com 180 mm a 300 mm de comprimento.	pç	2		X
17	812000	Arruela quadrada.	pç	5		X
18	813805	Eletroduto rígido pesado, zincado de diâmetro 125 mm.	m	V		X
19	-	Banco de dutos, diâmetro 100 mm.	m	V	X	
20	-	Caixa de passagem da base do poste.	pç	1	X	
21	-	Caixa de passagem intermediária.	pç	V	X	
22	-	Caixa de passagem para entrada de serviço.	pç	1	X	
23	814910	Tampa e aro para caixa de passagem.	pç	V		X
24	813960	Suporte para fixação das muflas terminais.	pç	4		X
25	-	Suporte para fixação das muflas terminais e pára-raios.	pç	1	X	
26	-	Suporte para fixação dos cabos.	pç	1	X	
27	812090	Fio de aço cobreado, bitola 4 AWG (ver nota 4).	m	V		X
28	812096	Haste de aterramento, dimensões diâmetro 13 mm x 2400 mm de comprimento (ver nota 4).	pç	V	X	X
29	813520	Fita elétrica de autofusão FA-10.	m	V		X
30	-	Placa de concreto de proteção para bancos de dutos.	pç	V	X	
31	814920	Fita de alerta.	m	V		X
32	811049	Transformador de distribuição, trifásico, 500 kVA, relação 13.200-220/127V.	pç	1		X
33	-	Cabo nu de cobre para aterramento do neutro do transformador.	m	V		X
34	-	Caixa seccionadora.	pç	1	X	

Notas: 1. A letra "V" indica quantidade variável. 2. O material posição 2 é alternativa ao material posição 1. 3. Os materiais posições 10 e 11 são alternativas ao material posição 9. 4. Os materiais de aterramento (hastes, condutores e conexões) situados dentro da propriedade do consumidor serão fornecidos pelo consumidor, exceto os condutores de aterramento dos pára-raios e do neutro do transformador. 5. Quando forem empregados os materiais das posições 10 ou 11 (internamente), utilizar braçadeira para fixação de cabos constantes da NTC 815105. 6. Quando forem empregados os materiais das posições 10 ou 11 (externamente), não utilizar os materiais das posições 13, 14, 15, 16, 17 e 24.

Figura 9.10 - Relação de materiais para entrada de serviço subterrânea com demanda de 300 kVA a 500 kVA.
Fonte: NTC 9 - 01110 - COPEL.

9.3. Padrão Construtivo ou Padrão de Entrada

Após a determinação do tipo de fornecimento, pode-se definir também o **padrão construtivo ou padrão de entrada**.

Mas ..., o que é padrão construtivo?

É todo o conjunto desde o ramal de entrada, poste ou pontalete particular, caixas, dispositivos de proteção, aterramento, eletrodutos e ferragens, de responsabilidade dos consumidores, preparado de forma a permitir a ligação das unidades consumidoras à rede da concessionária.

Definido o tipo de fornecimento, bem como o padrão construtivo, de acordo a norma técnica, compete à concessionária fazer a sua inspeção.

Se tudo estiver correto, a concessionária instala e liga o medidor e o ramal de serviço.

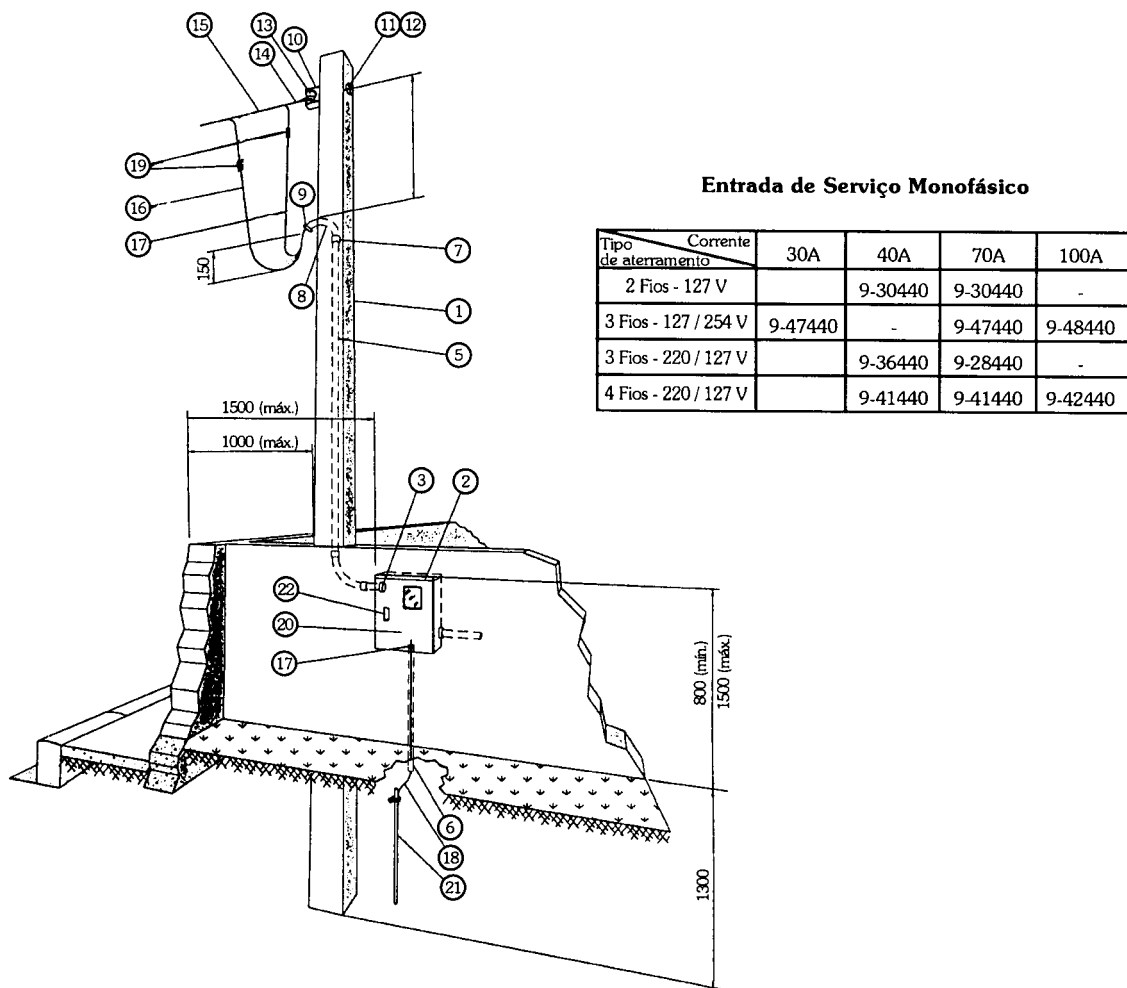
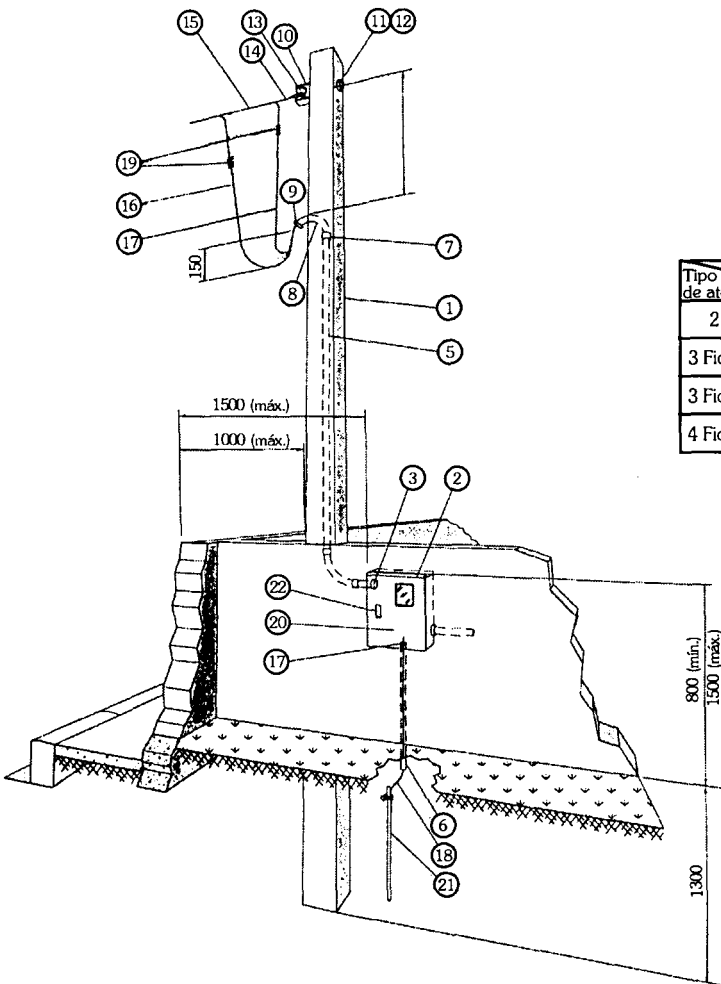


Figura 9.11 - Padrão construtivo de uma entrada de serviço monofásica para consumidor individual.



Entrada de serviço bifásico

Tipo de aterramento \ Corrente	30A	40A	70A	100A
2 Fios - 127 V		9-30440	9-30440	-
3 Fios - 127 / 254 V	9-47440	-	9-47440	9-48440
3 Fios - 220 / 127 V		9-36440	9-28440	-
4 Fios - 220 / 127 V		9-41440	9-41440	9-42440

Figura 9.12 - Padrão construtivo de uma entrada de serviço bifásica para consumidor individual.

Medição em muro - Saída embutida
Padrão construtivo

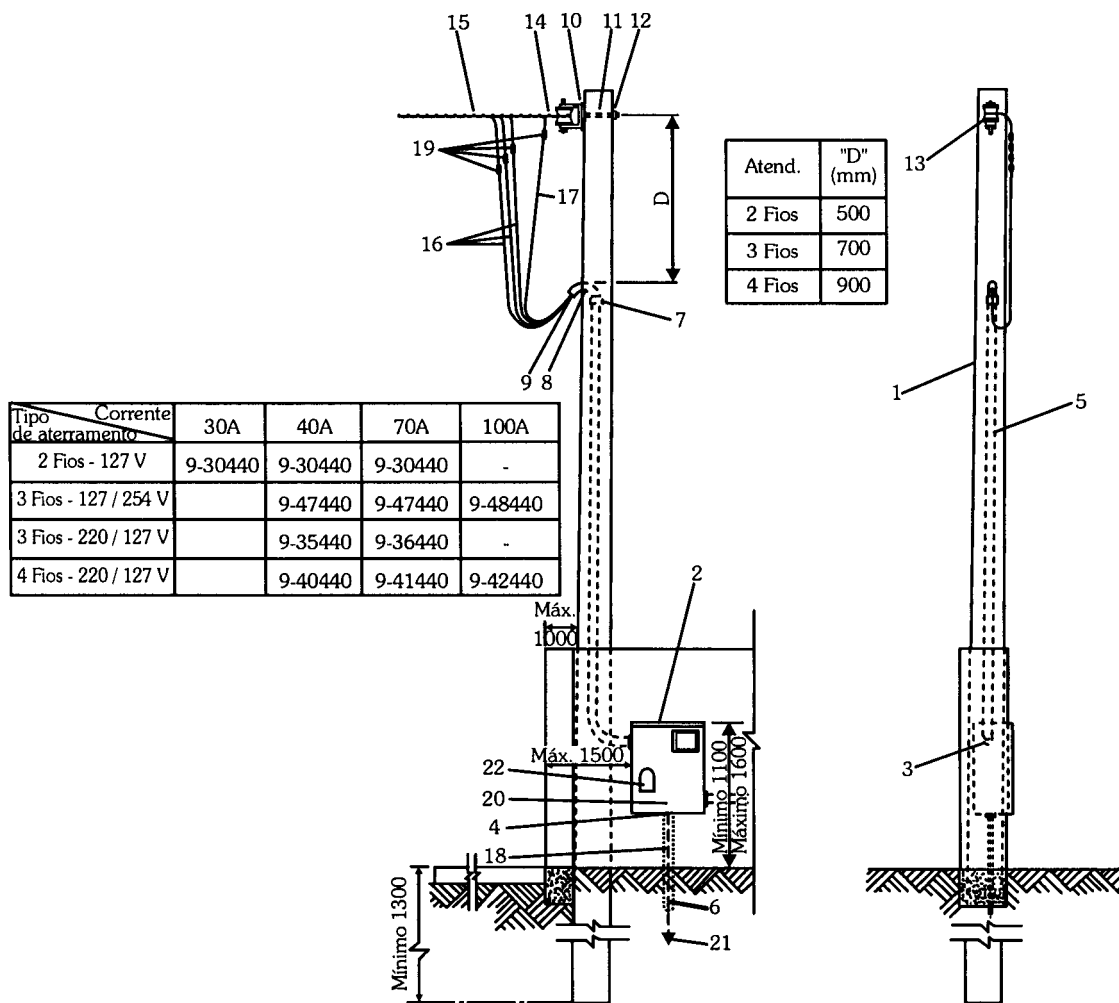


Figura 9.13 - Padrão construtivo de uma entrada de serviço trifásica para consumidor individual. Fonte: NTC 9 - 01100 - COPEL.

Nota: Esse padrão é aplicável em atendimentos mono, bi e trifásico até 100A.

Pos.	NTC	Quant.	Unid.	Denominação
1	-	01	pç	Poste de concreto armado.
2	-	01	pç	Caixa para medidor em função da categoria de atendimento.
3	-	02	cj	Bucha e contrabucha para eletroduto.
4	-	01	cj	Bucha e contrabucha para eletroduto de diâmetro interno mínimo 16 mm.
5	-	V	m	Eletroduto de diâmetro em função da demanda da entrada de serviço.
6	-	02	m	Eletroduto de PVC rígido de diâmetro interno mínimo 16 mm.
7	-	01	pç	Luva de emenda para eletroduto.
8	-	01	pç	Curva de 135° para eletroduto.
9	-	01	pç	Bucha ou outro dispositivo adequado.
10	811584	01	pç	Armação secundária de um estribo.
11	-	01	pç	Parafuso de aço galvanizado de diâmetro 16 mm com cabeça quadrada e porca quadrada.
12	812000	01	pç	Arruela quadrada de aço galvanizado.
13	811565	01	pç	Isolador roldana.
14	812120 a 812122	01	pç	Alça pré-formada de serviço.
15	810860 a 810872	V	m	Condutor de alumínio tipo multiplexado, isolamento 600 V, bitola em função da demanda da entrada de serviço.
16	-	V	m	Condutor de cobre isolado de bitola em função da demanda da entrada de serviço.
17	-	V	m	Condutor de cobre isolado de bitola em função da demanda da entrada de serviço.
18	-	V	m	Condutor de aterramento de bitola em função da demanda da entrada de serviço.
19	-	V	m	Conexão.
20	-	01	pç	Conector tipo parafuso, de cobre, bitola em função do condutor de aterramento.
21	-	01	pç	Aterramento.
22	-	01	pç	Disjuntor termomagnético com corrente nominal em função da categoria de atendimento.

Notas: 1. No litoral, devem ser adotadas conexões e amarrações para ramal de ligação composto por condutores de cobre singelos. 2. Em substituição aos materiais posições 10 e 13, pode ser utilizada porca-olhal NTC 812010. 3. O material posição 20 é aplicável nos atendimentos a partir de 70 A, inclusive.

Figura 9.14 - Relação de materiais para atendimento até 100 A, conforme figura 9.11. Fonte: NTC 9 - 091100 - COPEL.

Observação: As figuras 9.7, 9.8 e 9.9 são alguns exemplos de padrões construtivos de **entrada de serviço** para atendimento a **edifícios de uso coletivo**.

Nota: O padrão de entrada de energia, bem como informações complementares, deve ser obtido na concessionária de sua região.

- 10.1. Introdução
- 10.2. Conceitos Básicos sobre Condutores
- 10.3. Tipos e Aplicações dos Condutores Elétricos
- 10.4. Seções Mínimas dos Condutores Elétricos
- 10.5. Dimensionamento de Condutores Elétricos
- 10.6. Identificação dos Condutores
- 10.7. Conexões em Instalações Elétricas
- 10.8. Solda e Soldagem
- 10.9. Materiais Isolantes

10.1. Introdução

Atualmente, o uso da **eletricidade** pelos diversos setores da sociedade é extremamente elevado. A quantidade de **energia elétrica** utilizada nas indústrias, lojas, escritórios, hospitais, residências, enfim em qualquer campo de atividade, devido ao número cada vez maior de equipamentos elétricos para os mais variados fins, exige uma preocupação constante com os **meios** que serão utilizados para **transportar** essa quantidade de **energia**.

A preocupação com a qualidade das **instalações elétricas**, fundamental para a **segurança das pessoas**, as quais delas dependem, e a **integridade do patrimônio** são fatores constantes no dia-a-dia da sociedade.

A norma **NBR 5410:2004 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão - Procedimentos** fornece as medidas necessárias para que a ênfase com relação à **segurança e proteção** tenha sempre como objetivo principal evitar a ocorrência de sobrecarga, curtos-circuitos, choques elétricos, causas de muitos acidentes e de outros problemas sérios que podem ser ocasionados devido ao mau uso da eletricidade.



Figura 10.1 - Os condutores de má qualidade têm vida curta... e acabam assim.

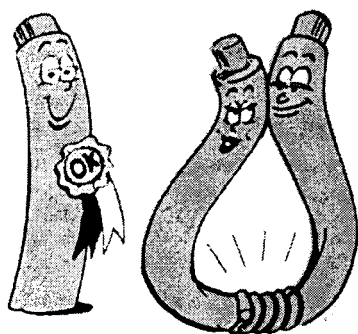


Figura 10.2 - A qualidade do condutor garante a união perfeita entre funcionalidade e segurança da instalação.

Nas instalações elétricas em geral, os **condutores** são insubstituíveis na função de transportar a energia elétrica necessária ao bom funcionamento de todos os equipamentos de que necessitamos.

Os **condutores** devem ser de excelente qualidade e utilizados corretamente de acordo com a finalidade a que se destinam.

Os projetistas e os instaladores devem seguir rigorosamente a **Norma**, uma vez que, de acordo com o **Código de Defesa do Consumidor**, são legalmente responsáveis por eventuais acidentes que venham a acontecer numa instalação, devido a falhas de projeto ou de execução.

10.2. Conceitos Básicos sobre Condutores

A seguir, são apresentados alguns conceitos que ajudarão a compreender melhor os condutores elétricos, bem como suas propriedades e características.

10.2.1. Condutor Elétrico

É assim chamado todo material que possui a propriedade de conduzir ou transportar a energia elétrica, ou ainda, transmitir sinais elétricos.

Os condutores devem ser analisados sobre os seguintes aspectos:

- a) material a ser utilizado como condutor;
- b) forma geométrica do condutor;
- c) isolamento e isolamento;
- d) blindagem;
- e) seção nominal.

10.2.1.1. Material

Os materiais utilizados na fabricação de condutores de corrente elétrica são classificados em dois grandes grupos:

- a) materiais de elevada resistividade;
- b) materiais de elevada condutividade.

Os materiais de elevada resistividade destinam-se às seguintes aplicações:

Transformação de energia elétrica em térmica

Exemplos:

- fornos elétricos;
- chuveiros elétricos;
- aquecedores;
- ferros elétricos;
- soldadores elétricos; etc.

Transformação de energia elétrica em energia luminosa

Exemplos:

- filamentos para iluminação em geral (tungstênio).

Criar nos circuitos certas condições destinadas a provocar quedas de tensão

Exemplos:

- resistores;
- reostatos.

Quanto aos materiais de elevada condutividade, destinam-se a todas as aplicações em que a corrente elétrica deve circular com as menores perdas possíveis, como, por exemplo:

- ligações de aparelhos, equipamentos e dispositivos;
- transformação da energia elétrica em outra forma de energia.

Exemplo: bobinas eletromagnéticas.

Dentre os materiais condutores de elevada condutividade e que possuem maior diversidade de utilização na área elétrica e eletrônica, e também por questões econômicas, podemos citar: **cobre, chumbo, bronze, alumínio, platina, latão, prata e mercúrio.**

Neste capítulo vamos tecer alguns comentários sobre os materiais usados como condutores de corrente elétrica de uso mais freqüente em **instalações elétricas**, que são: o **cobre** e o **alumínio**.

10.2.1.2. Cobre

Conhecido desde os tempos pré-históricos (neolítico - idade do cobre), cuja metalurgia foi iniciada por volta do ano 6000 a.C., o cobre é originário do Chipre, ilha de onde foi extraído na Antigüidade. É um metal de coloração avermelhada e brilhante, muito maleável e dúctil. Os principais produtores são: Estados Unidos (Michigan, New Jersey, Utah), URSS (Rússia e países independentes), Chile, Canadá, Austrália e Bolívia. O Brasil produz menos de 10% do que consome.

O cobre, que é um metal não ferroso de relevante importância na atualidade, ao longo dos anos, tem sido o mais utilizado, principalmente devido ao seu comportamento quanto à condutividade elétrica e térmica. A utilização do cobre em larga escala se deve ao fato de apresentar as propriedades e características "que lhe garantem posição de destaque entre os metais condutores", dentre as quais podemos citar:

- densidade..... 8,95 g/cm³
- ponto de fusão 1.083°C
- ponto de ebulição 2.595°C
- condutividade em ambientes sem oxigênio 61 m/W.mm²
- condutividade do cobre eletrolítico (utilizado em escala comercial) 58 m/W.mm²
- pureza mínima do cobre eletrolítico (refinado por eletrólise) 99,9% (considerando a prata como cobre), recozido (têmpera mole) de condutividade 100% IACS (International Annealed Cooper Standard).
- possui cor avermelhada, conforme já foi dito. Os outros metais são geralmente cinzentos, com exceção do ouro.
- baixa resistividade (r) (fundido: 0,0169 W.mm²/m; laminado e recozido: 0,0179 W.mm²/m; encruado: 0,0182 W.mm²/m), sendo inferior apenas à prata (0,0162 W.mm²/m), que em função do preço não permite sua utilização em escala comercial.
- os processos de obtenção se classificam em: **processo seco e por via úmida**.
- boas características mecânicas - resistência à tração: fundido: 15 a 20 kgf/mm², laminado e recozido: 20 a 26 kgf/mm², encruado: 35 a 45 kgf/mm².
- exposto ao ar, o cobre reage superficialmente, formando uma fina camada de óxido que protegerá de novas oxidações; se a exposição for longa, forma-se uma pátina verde de sulfato básico.
- fácil deformação a frio e a quente.
- baixa oxidação para a maioria das aplicações. A oxidação é lenta em ambientes de elevada concentração de umidade, porém é bastante rápida quando o metal sofre elevação de temperatura.
- permite fácil soldagem.

10.2.1.3. Alumínio

Metal de coloração branco-prateada, extremamente maleável e dúctil. As primeiras notícias que se têm da sua utilização foi há 4.000 anos, usado pelos egípcios e babilônicos sob a forma de compostos, provavelmente como produto de algum tipo de medicamento e algumas soluções químicas.

O estado elementar foi reconhecido por Oersted, em 1824, e isolado pelo químico alemão Friedrich Wöhler (1800 - 1882) em 1827. O químico francês Henri Sainte - Claire Devile (1818 - 1881) idealizou, em 1855, o primeiro projeto para o uso do alumínio em escala industrial.

No entanto, somente a partir de 1886, após a descoberta do processo eletrolítico para reduzir o alumínio ao metal, pelos químicos Charles Martin HALL (1864 - 1914), norte-americano, e Paul Louis Toussaint HÉROULT (1863 - 1914), francês, conhecido como processo HALL/HÉROULT, permitiu-se que o alumínio fosse efetivamente produzido em escala industrial.

Os minerais, dos quais é extraído o alumínio, são: a **bauxita** e a **criolita**. O nome bauxita originou-se de uma cidade francesa, Les Baux, onde, em 1821, foi encontrado um depósito.

Os principais produtores são: EUA, URSS (Rússia e países independentes), Japão, Alemanha, Canadá, Noruega, França e Reino Unido. O Brasil produz 70% do que consome, e suas principais jazidas encontram-se em Minas Gerais (Poços de Caldas), no Pará (Serra Carajás e ao norte do Rio Trombetas).

O alumínio é o metal mais abundante na crosta terrestre, e na escala de utilização encontra-se em segundo lugar tanto na indústria como na área elétrica (indústria: 1º lugar - ferro e aço; e na área elétrica: 1º lugar - cobre).

Apresentamos a seguir algumas características que ajudarão a compreender melhor o porquê da utilização crescente desse metal, quais sejam:

- densidade 2,7 g/cm³
Comparando com o cobre (8,95 g/cm³) é o preferido na produção de CABOS elétricos destinados à condução de MT, AT e EAT, tornando economicamente viável a construção de linhas de transmissão e redes de distribuição aéreas;
- ponto de fusão 660,2°C
- ponto de ebulição 2.467°C
- condutividade do alumínio: recozido: 38,2 m/W.mm²
encruado: 33,9 m/W.mm²
- condutividade mínima de acordo com o padrão IACS 61%
- quando exposto ao ar seco, permanece inalterável, porém na presença de umidade recobre-se de uma película de óxido de alumínio, a qual apresenta uma resistência elevada com uma tensão de ruptura de 100 a 300 V.
- em eletrotécnica, usa-se o alumínio com pureza 99,5%
As folhas e eletrodos de capacitores exigem que a pureza seja de 99,95%.
- exigem-se processos especiais para a soldagem.
- a resistência à tração é recozido: 3,5 a 6 kgf/mm²
encruado: 11 a 13 kgf/mm²
- para a melhor condutibilidade da corrente elétrica, ligas do tipo Al - Mg - Si oferecem maior resistência à tração e aumentam a condutividade.
- a resistividade (r) do alumínio a 20°C recozido: 0,0262 W.mm²/m
encruado: 0,0295 W.mm²/m

10.2.1.4. Comparação entre Ambos os Materiais

Observando as características do cobre e do alumínio, vamos fazer uma comparação entre ambos os materiais. Neste caso, vamos considerar as Resistências Ôhmicas aproximadamente iguais, ou seja:

Associando as expressões para o cálculo das resistências a 20°C (2ª Lei de Ohm) e efetuando as devidas simplificações, fica:

$$R_{cu} = \rho_{cu} \frac{l}{S_{cu}} = R_{al} = \rho_{al} \frac{l}{S_{al}}$$

$$\rho_{cu} \cdot S_{al} = \rho_{al} \cdot S_{cu}$$

Substituindo na expressão (1) os valores respectivos à resistividade, temos:

$$\frac{S_{al}}{S_{cu}} = \frac{\rho_{al}}{\rho_{cu}} = \frac{0,0290}{0,0175} = 1,65$$

Quanto ao diâmetro, temos:

$$\frac{\phi_{al}}{\phi_{cu}} = \sqrt{1,65} = 1,28$$

Por outro lado, comparando a densidade ou peso específico entre os materiais, temos:

$$\frac{\gamma_{cu}}{\gamma_{al}} = \frac{8,95}{2,7} = 3,32$$

Estabelecendo uma relação entre massas, permite-nos concluir:

$$\frac{M_{cu}}{M_{al}} = \frac{3,32}{1,65} \cong 2$$

10.2.1.5. Simbologia

- R - resistência ôhmica do condutor, em ohm (Ω).
- r - resistividade do material condutor ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).
- S - seção do condutor, em milímetros quadrados (mm^2).
- \varnothing - diâmetro do condutor, em milímetros (mm).
- γ - densidade ou peso específico, em (kg/cm^3).
- M - massa (kg).

Analisando os resultados obtidos, podemos observar que para o transporte de uma mesma corrente, o condutor de alumínio deve ter um diâmetro 28% maior do que o de cobre, porém pesa a metade deste.

Forma Geométrica

Os condutores, sejam de cobre ou de alumínio, são construídos de diversas formas e cada uma delas possui um determinado tipo de aplicação, e segundo as alternativas possíveis, podem ser:

Redondo Sólido (Fio)

É formado por um único fio de metal sólido, sendo sua construção limitada às seções menores (até 16 mm^2). Comercialmente, é denominado condutor rígido.

Aplicações: instalações de iluminação e força; formação de cabos.



Figura 10.3 - Condutor sólido (fio).

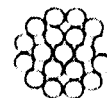
Cabo

É um condutor constituído por vários **fios encordoados**, isolados uns dos outros ou não. O conjunto pode ser isolado ou nu. O cabo é denominado comercialmente, para seções até 10 mm^2 , condutor flexível.

Segundo as suas diversas aplicações, os cabos são classificados em:

10.2.1.5.1. Redondo normal

Também denominado condutor de formação concêntrica ou de formação regular. É composto basicamente de um fio longitudinal, em torno do qual é colocada, em forma de espiral (encordoamento), uma ou mais coroas de fios redondos sólidos de mesmo diâmetro do fio central.



Pode apresentar diversas formações padronizadas, tais como:

7 fios - 1 + 6

19 fios - 1 + 6 + 12

37 fios - 1 + 6 + 12 + 18

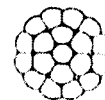
61 fios - 1 + 6 + 12 + 18 + 24

91 fios - 1 + 6 + 12 + 18 + 24 + 30

Aplicações: em instalações elétricas industriais e prediais, que exigem seções acima de 10 mm^2 e pode ser singular ou múltiplo com qualquer tipo de isolamento. É também utilizado como cabo multiplexado para MT, BT e em redes de distribuição aérea.

10.2.1.5.2. Redondo compacto

Trata-se de um tipo de cabo cuja construção é feita da mesma forma que o redondo normal, no entanto, após o **encordoamento**, o conjunto é compactado através da passagem do cabo por um perfil, reduzindo seu diâmetro original com a deformação das coroas de fios elementares.



Esse procedimento faz com que haja uma redução do diâmetro externo, ficando praticamente eliminados os espaços vazios entre os fios, tornando mais uniforme a superfície externa. Devido a essa compactação, reduz-se a sua flexibilidade.

Aplicação: cabos para baixa e média tensões, com seção de 10 a 500 mm², são normalmente compactados.

10.2.1.5.3. Setorial compacto

É fabricado de forma semelhante ao redondo compacto, cuja formatação setorial é obtida pela compactação dos fios elementares de um cabo redondo normal, através da passagem por jogos de calandras. Consegue-se com isso economia de materiais de enchimento e proteção, devido à redução do diâmetro externo do cabo.



Aplicação: utilizado em cabos múltiplos (tripolares e tetrapolares) para instalações industriais.

10.2.1.5.4. Flexível e Extraflexível

Fabricado de forma semelhante ao redondo normal, porém o **encordoamento** é obtido com grande número de fios redondos sólidos de diâmetro reduzido.



Aplicação: alimentadores de máquinas móveis (escavadeiras, dragas, pontes rolantes, etc.), aparelhos portáteis (máquinas de solda, aparelhos eletrodomésticos, aspiradores industriais e domésticos, etc.) e de uso rotineiro em iluminação como pendentês (spots, lustres, etc.).

10.2.1.5.5. Cabo Conci

É um condutor anular cujo núcleo é oco, formando um canal para o óleo impregnante. É formado por uma ou várias coroas anulares, encordoadas helicoidalmente. É usado unicamente em cabos OF.



Para cabos conci de uso específico, podem ser adotados outros tipos de construções, como, por exemplo:

- **Condutor segmentado (ou condutor Millikan)** é dividido em três ou quatro setores de círculo, separados entre si por um isolante relativamente delgado. É utilizado em cabos singelos de seção superior a 500 mm², nos quais, devido às correntes elevadas, é sensível ao efeito pelicular e às correntes de Foucault.
- **Condutor anular** é redondo, em forma de coroa circular, formado por fios encordoados em redor de um núcleo central de corda têxtil. É empregado para bitolas superiores a 500 mm², nas quais o efeito superficial é considerável (caso de cabos para altas frequências). É também usado em cabos de alta tensão com seção de cobre muito pequena". (Catálogo - Cabos de Energia - **Pirelli**).

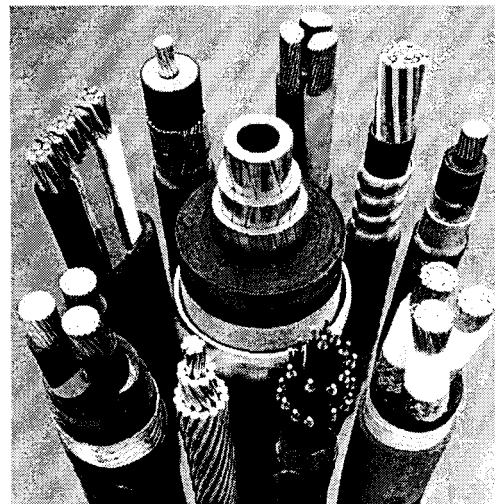


Figura 10.4 - Tipos de Cabos. Cortesia Pirelli.

A NBR 6880 estabelece, para condutores de cobre, seis classes de encordoamento, numeradas de 1 a 6 com graus crescentes de flexibilidade, sendo:

- **Classe 1** - Condutores sólidos (fios)
- **Classe 2** - Condutores encordoados, compactados ou não
- **Classe 3** - Condutores encordoados, não compactados
- **Classe 4, 5 e 6** - Condutores flexíveis

O **condutor encordoado** é constituído por um conjunto de fios dispostos helicoidalmente. Essa forma de construção permite ótima flexibilidade em relação ao condutor sólido (fio).

10.2.1.6. Isolação

Trata-se de um conjunto de materiais isolantes aplicados sobre o condutor, cuja finalidade é isolá-lo eletricamente do ambiente que o circunda, como, por exemplo, de outros condutores e a terra e contra contatos acidentais. Serve também para proteger o condutor contra ações mecânicas, como no caso da enfição nos eletrodutos.

Não se deve confundir **isolação** com **isolamento**.

Isolação define o aspecto qualitativo, como, por exemplo: isolação de PVC, polivinil antinflam, polietileno, etc.

Os materiais utilizados como **isolação** devem possuir também, além de **alta resistividade, alta rigidez dielétrica**, principalmente para tensões superiores a 1 kV.

São vários os materiais empregados na isolação dos condutores, os quais são mostrados na tabela 10.1.

Tabela 10.1 - Materiais empregados na isolação de condutores (fios e cabos).

Isolantes Sólidos (Extrudados)	Termoplásticos	- Cloreto de Polivinila (PVC) - Polietileno (PE ou PET) - Polipropileno - Polivinil Antiflam
	Termofixos (Vulcanizados)	- Polietileno reticulado (XLPE) - Borracha etileno - Propileno (EPR) - Borracha de Silicone
Estratificados	- Papel impregnado com massa - Papel impregnado com óleo fluido sob pressão	
Outros Materiais	- Fibra de vidro - Verniz	

Os isolantes **termoplásticos** amolecem com o aumento de temperatura, enquanto os isolantes **termofixos** não (figura 10.5).

Isolamento se refere ao aspecto quantitativo, ou seja, condutor com **tensão de isolamento** para 750V, 1kV, resistência de isolamento de 12 MΩ, 5 MΩ, etc.

A isolação dos fios e cabos é sempre feita para uma determinada "classe de isolamento", relacionada com a espessura da isolação e com as características da instalação. A tensão de isolamento é indicada por **dois valores V_0/V** ; " V_0 " refere-se à tensão fase - terra e " V " à tensão fase - fase. A tabela 10.2 mostra os valores normalizados de tensão nominais.

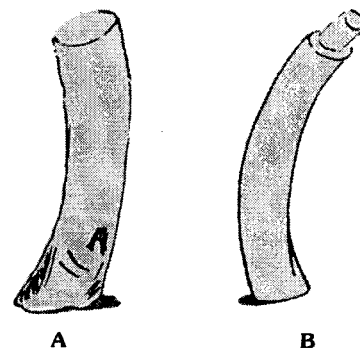


Figura 10.5 - A - Isolante termoplástico; B - Isolante termofixo.

Tabela 10.2 - Tensões nominais de isolamento normalizadas.

Tipo	Tensão (V _o /V)	
Condutores para Baixa Tensão	300/300	
	300/500	
	450/750	
	0,6/ 1 kV	
Condutores para Média Tensão	1,8/ 3,0 kV	12,0/20,0 kV
	3,6/ 6,0 kV	15,0/25,0 kV
	6,0/10,0 kV	20,0/35,0 kV
	8,7/15,0 kV	

Isolação	Isolamento
Refere-se à qualidade e espécie (tipo)	É quantitativo
Isolação de: PVC, EPR, etc.	Tensão de isolamento. Resistência de isolamento.

A tabela 10.3 apresenta as características quanto à variação de temperatura dos diversos materiais usados na isolação dos condutores para instalações elétricas.

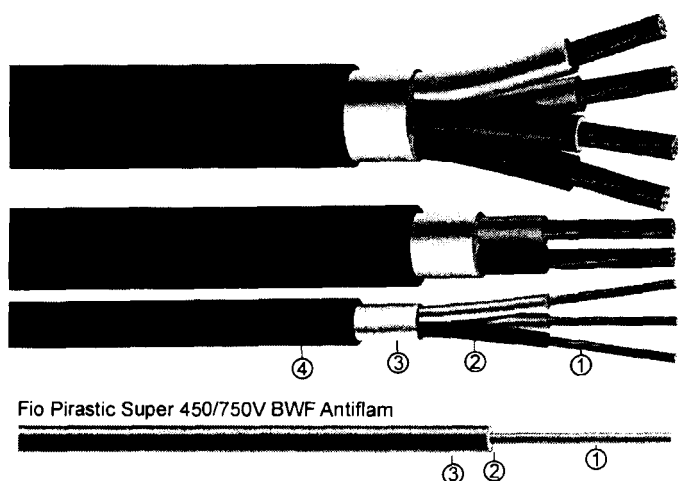
Em instalações elétricas prediais de um modo geral, são utilizados condutores (fios e cabos) com isolação de PVC, do tipo BWF (resistentes à chama), conforme as normas brasileiras NBR 6148, NBR 6245 e NBR 6812.

Tabela 10.3 - Temperaturas características dos condutores. (Tabela 35 - NBR 5410:2004).

Tipo de Material	Temperatura de operação em regime contínuo (°C)	Temperatura de sobrecarga (°C)	Temperatura de curto-circuito (°C)
Policloreto de Vinila (PVC) até 300 mm ²	70	100	160
Policloreto de Vinila (PVC) maior que 300 mm ²	70	100	140
Borracha - etileno - propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

A **isolação** do condutor pode conter uma ou mais camadas dos materiais isolantes citados. Quando o condutor possui duas ou mais camadas, a camada externa é chamada de **cobertura**, destinada especialmente a suportar a resistência à abrasão (figura 10.6).

1. Condutor flexível formado de fios de cobre nu, têmpera mole (encordoamento classe 4).
2. Isolação de pirevinil flexível (composto termoplástico de PVC) em cores.
3. Capa interna de PVC.
4. Cobertura de pirevinil flexível na cor preta.



Cabo Cordplast 450/750V

1. Condutor flexível formado de fios de cobre nu, têmpera mole (encordoamento classe 4).
2. Isolação de pirevinil flexível (composto termoplástico de PVC) em cores.
3. Capa interna de PVC.
4. Cobertura de pirevinil flexível na cor preta.

Fio Pirastic Super 450/750 V BWF Antiflam

1. Condutor sólido de fio de cobre nu, têmpera mole (classe 1).
2. Camada interna de pirevinil antiflam I (composto termoplástico de PVC sem chumbo) cor branca até a seção nominal de 6 mm².
3. Camada externa de pirevinil antiflam II (composto termoplástico de PVC sem chumbo) em cores.

Figura 10.6 - Condutores com mais de uma camada de material isolante. Cortesia Pirelli.

A figura 10.7 mostra, em representação esquemática, as etapas de um processo de tripla extrusão, em que o condutor nu recebe os diferentes tipos e camadas de materiais isolantes.

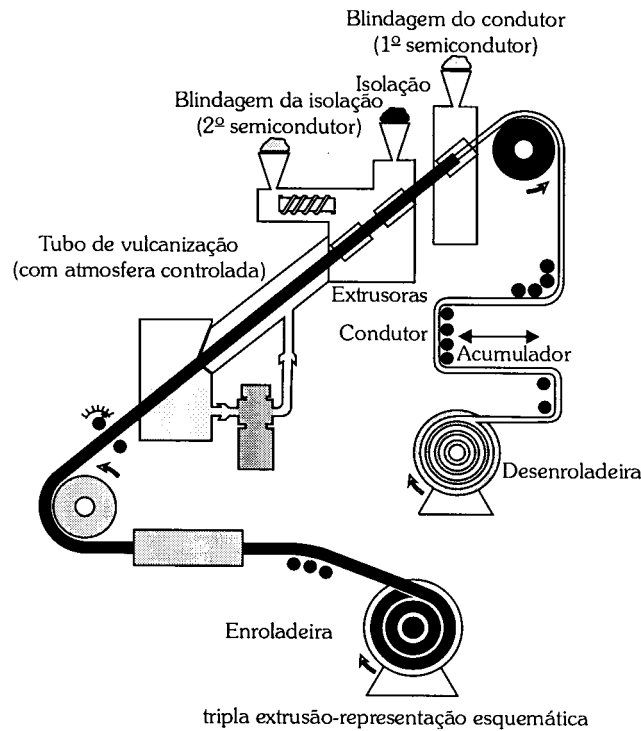


Figura 10.7 - Representação esquemática de um processo de tripla extrusão. Cortesia FICAP.

10.2.1.7. Blindagem

São camadas de materiais semicondutores, aplicadas sobre o condutor, ou partes metálicas aplicadas sobre a segunda camada semicondutora que recobre a isolação, cuja finalidade é concentrar o campo elétrico ou facilitar o escoamento das correntes de curto-circuito e das correntes induzidas (figura 10.8 - A/B).

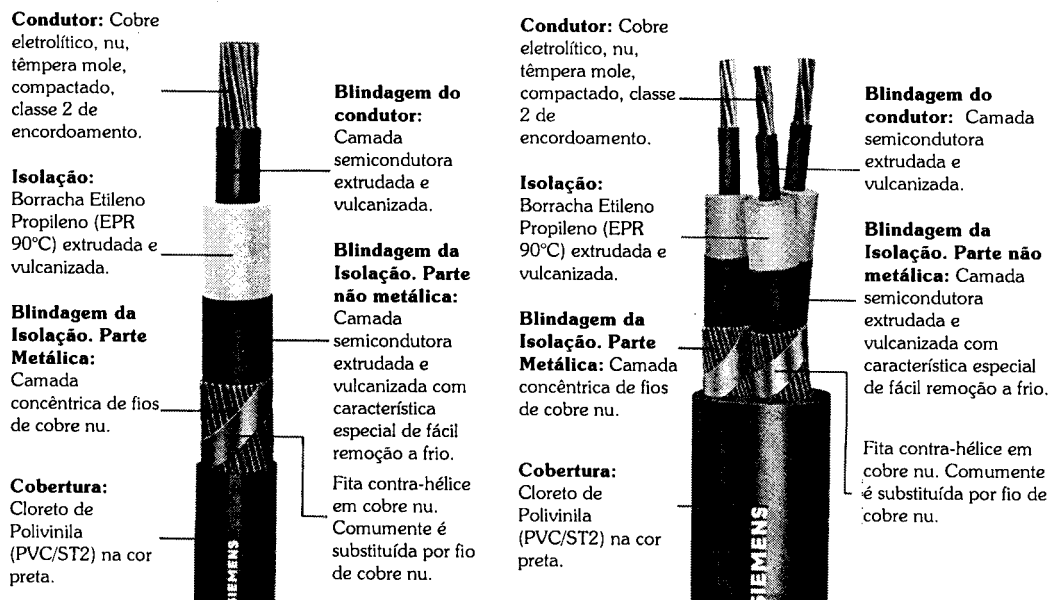


Figura 10.8 - Cabos Sipronil 3,6/6 kv a 27/35 kv. A - Unipolar. B - Tripolar. Cortesia: Siemens.

A blindagem é necessária e aplicada em cabos de média e alta tensões. De acordo com as finalidades a que se destinam e a forma de execução, as blindagens são descritas em seguida:

Blindagem sobre o Condutor (Blindagem Interna)

É a camada de material semicondutor aplicada diretamente sobre o condutor pelos processos de extrusão e vulcanização, e tem as seguintes finalidades (figura 10.9 A/B):

- uniformizar a distribuição das linhas de campo elétrico;
- impedir a ionização.

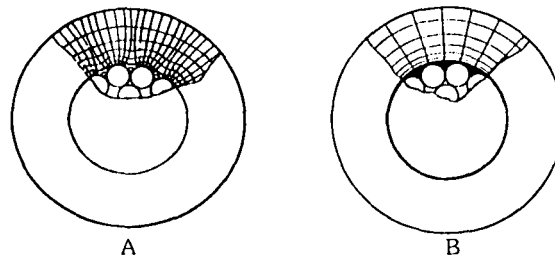


Figura 10.9 - A - Condutor sem blindagem. B - Condutor com blindagem.

Blindagem sobre a Isolação (Blindagem Externa)

É constituída de uma parte não-metálica e de uma parte metálica, cujas funções e construções são descritas a seguir (figura 10.10).

- Parte não-metálica:** trata-se de uma camada de material semicondutor aplicado sobre a isolação pelos processos de extrusão e vulcanização. A aplicação dessa camada semicondutora possibilita uma distribuição uniforme e radial do campo elétrico na isolação, e eliminar os espaços vazios ionizáveis entre as camadas (isolação e blindagem metálica).
- Parte metálica:** é formada por uma camada concêntrica de fios ou fita de cobre nu (não estanhado) aplicada helicoidalmente sobre a camada semicondutora da isolação, e tem como finalidade confinar o campo elétrico nos limites da isolação. Tem as seguintes vantagens:
 - Em situação de curto - circuito, propicia um caminho de baixa impedância para o retorno da corrente, devido ao baixo valor da resistência elétrica.
 - Quando é convenientemente aterrado, proporciona maior segurança, eliminando os riscos de choques elétricos em caso de contato direto ou com a cobertura do cabo.

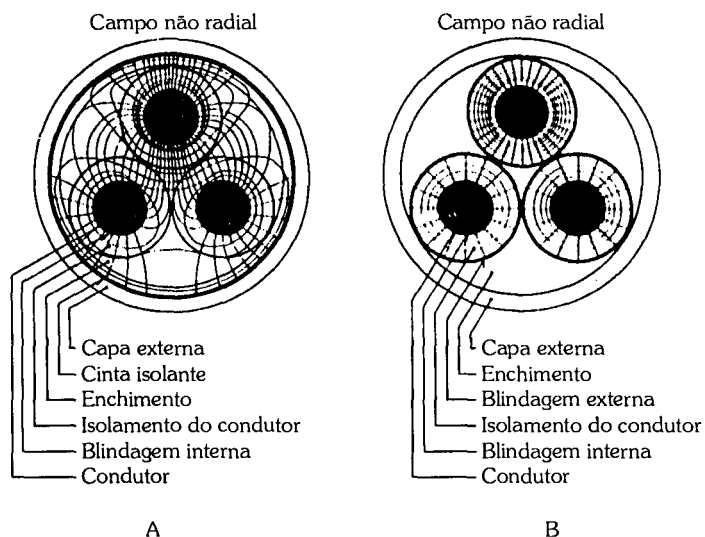


Figura 10.10 - A - Cabo sem blindagem de isolação. B - Cabo com blindagem de isolação.

10.2.1.8. Seção Nominal

Os condutores (fios e cabos) são caracterizados pela **seção nominal**, referente à grandeza do condutor respectivo, no entanto a seção nominal não corresponde a um valor estritamente geométrico (área da seção transversal do condutor) e sim a um valor determinado por uma medida de resistência, denominada "**Seção Elétrica Efetiva**".

As seções nominais são dadas em milímetros quadrados (mm^2), de acordo com uma série definida pela IEC (International Electrotechnical Commission) e internacionalmente aceita, conforme a tabela 10.4.

Tabela 10.4 - Seções métricas IEC (seções nominais em mm^2).

0,5	16	185
0,75	25	240
1	35	300
1,5	50	400
2,5	70	500
4	95	630
6	120	800
10	150	1000

Figuras correspondentes à tabela 10.5.



Figura 1



Figura 2

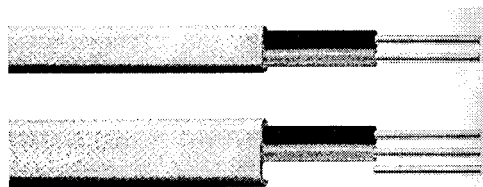


Figura 3

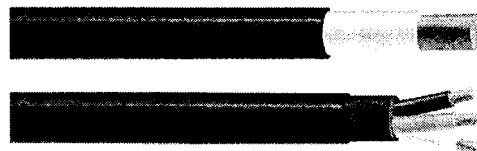


Figura 4



Figura 5



Figura 6

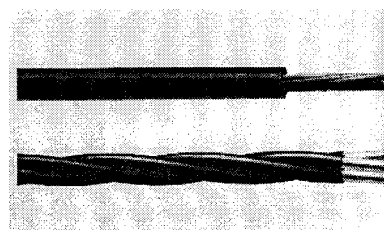


Figura 7

Tabela 10.5 - Linha Pirelli de Condutores para Instalações Elétricas em Baixa Tensão. Cortesia Pirelli.

Fig.	Seção (mm ²)	Denominação Comercial (Figura)	Tipo	Material		Tensão isolamento (Vo/V)	Temperatura			Normas Específicas	Aplicações Típicas	Maneiras de Instalar Recomendadas
				Isolação	Cober-tura		Máxima Serviço Contínuo	de Sobre-carga	de Curto-circuito			
1	fio 0,5 a 16 cabo 1,5 a 500	Pirastic Ecoflan (BWF) Antiflam • fio • cabo	Condutor isolado	PVC	-	450/ 750 V	70	100	160	NBR 6148	Instalações internas fixas de luz e força em prédios residenciais, comerciais e industriais, circuitos de distribuição e de terminais.	Eletrodutos aparentes e embutidos; eletrodutos em canaletas; calhas; linhas aéreas externas; sobre isoladores.
2	0,5 a 70	Pirastic-flex Ecoplus (BWF) Antiflam	Condutor isolado • cabo	PVC	-	450/ 750 V	70	100	160	NBR 6148	Instalações internas fixas de luz e força em prédios residenciais, comerciais, industriais, circuitos de distribuição e terminais, fiações internas de painéis, quadros e cubículos, outras aplicações onde sejam necessários cabos flexíveis.	Eletrodutos aparentes e embutidos; eletrodutos em canaletas; calhas; linhas aéreas externas; sobre isoladores; painéis, quadros e cubículos.
3	2x0,5 a 2x6 e 3x0,5 a 3x6	Duplast e Triplast (BWF) Antiflam	Cabo bipolar e tripolar	PVC	PVC	450/ 750 V	70	100	160	NBR 8661	Instalações internas fixas expostas de luz e força em prédios residenciais, comerciais e industriais, circuitos de distribuição e terminais.	Calhas; fixação direta a tetos e paredes; embutidos em paredes; bandejas, prateleiras, suportes; escadas para cabos.
4	Unipolar 1x1,5 a 1x500 Bipolar 2x1,5 a 2x2,5 Tripolar 3x1,5 a 3x185 Tetrapolar 4x1,5 a 4x120	Sintenax Econax Antiflam	Cabos • Unipolar • Multi-polares (2, 3 e 4 condutores)	PVC	PVC (ST 1)	0,6/1 kV	70	100	160	NBR 7288	Instalações fixas de luz e força em prédios residenciais, comerciais, industriais, etc., circuitos de distribuição e terminais, entradas subterrâneas de energia em BT.	Eletrodutos aparentes; eletrodutos embutidos; eletrodutos enterrados; eletrodutos em canaletas; calhas; fixação direta a tetos e paredes; canaletas; embutidos em paredes; diretamente enterrados; bandejas, prateleiras e suportes; escada para cabos.
5	Unipolar 1,5 a 300 bi, tri e tetrapolares 1,5 a 35	Afumex	Cabos • Unipolar • Multi-polares (2, 3 e 4 condutores)	EPR/B (numerizada)	EVA (Etileno vinil-acetado)	0,6/1 kV	90	130	250	NBR 6251/6245 6812/6880 10495 MB 3338 MB 3219	De acordo com a NBR 5410/90, em instalações elétricas de baixa tensão, deve-se utilizar cabos AFUME, nos locais do tipo BD-2, BD-3 e BD-4, obras do tipo CA-2 e estruturas do tipo CB-2, no caso de linhas elétricas aparentes, construídos por condutores abertos. Nestes casos, os cabos devem ser resistentes a chama sob condições simuladas de incêndio, livres de halo-gênios e com baixa emissão de gases tóxicos.	Eletrodutos aparentes, embutidos, enterrados ou contidos em canaletas; calhas; fixados diretamente a paredes ou tetos; bandejas; escadas para cabos; prateleiras ou suportes; embutidos diretamente em paredes ou alvenaria; canaletas; diretamente enterrados; blocos alveolados; ao ar livre.
6	Unipolar 1x1,5 a 1x1000	Eprotenax	Cabos • Unipolar • Multi-polares (2, 3 e 4 condutores)	EPR	PVC (ST 2)	0,6/1 kV	90	130	250	NBR 7286	Instalações fixas de luz e força em prédios residenciais, comerciais, industriais, etc.; circuitos de distribuição e terminais, entradas subterrâneas de energia em BT.	Eletrodutos aparentes; eletrodutos embutidos; eletrodutos enterrados; eletrodutos em canaletas; calhas; fixação direta a tetos e paredes; canaletas; embutidos em paredes; diretamente enterrados; bandejas, prateleiras e suportes; escada para cabos.
	Pireprene (SE 1)											
	Bipolar 2x1,5 a 2x300	Eproprene		XLPE	PVC (ST 2)					NBR 7287		
	Tripolar 3x1,5 a 3x300	Voltenax										
	Tetrapolar 4x1,5 a 4x300											
7	Unipolar 1,5 a 1000 Triplexado 3x1x1,5 a 3x1x300	Voltaene (1)	Condutor isolado • Cabo Triplexado	XLPE	-	0,6/1 kV	90	130	250	NBR 7285	Instalações fixas de luz e força em prédios residenciais, comerciais, industriais, etc.; circuitos de distribuição e terminais; entradas subterrâneas de energia em BT.	Todas as maneiras de instalar anteriores e sobre isoladores.

10.3. Tipos e Aplicações dos Condutores Elétricos

Devido à grande diversidade de utilização, os **condutores elétricos** são fabricados em diversos tipos, cuja finalidade é atender com eficiência as mais variadas aplicações.

E dependendo da tensão de utilização, servem para:

- Baixa tensão (BT);
- Média tensão (MT);
- Alta tensão (AT).

Este capítulo aborda os condutores para baixa tensão, por serem mais utilizados em instalações elétricas prediais.

10.3.1. Condutores para Baixa Tensão

A maioria dos condutores utilizados em instalações elétricas é fabricada para essa modalidade de tensão. Eles podem ser:

- Condutores para uso geral;
- Condutores para uso específico.

10.3.2. Condutores para Uso Geral

Os condutores para uso geral são os que possuem maior diversidade de aplicações em instalações elétricas. São utilizados em circuitos de alimentação e distribuição de energia elétrica em edifícios residenciais, comerciais e industriais, subestações transformadoras, em instalações fixas, etc.

A tabela 10.5 apresenta as principais características para a escolha mais adequada dos condutores para instalações elétricas em geral, em BT.

10.3.3. Condutores para Uso Específico

Suas características de construção são totalmente diversas, necessárias para atribuir a esses condutores as características especiais exigidas pelas condições de uso.

Exemplos desses condutores são:

- de comando, controle e sinalização;
- para instrumentação;
- para lides de motores;
- locomotivas;
- circuitos de segurança (resistentes a fogo);
- informática.
- uso móvel;
- solda;
- navios;
- elevadores;
- veículos; etc.

10.4. Seções Mínimas dos Condutores Elétricos

A **NBR 5410:2004** estabelece os seguintes critérios com relação às **seções mínimas** para os **condutores fase, neutro e condutor de proteção (PE)**.

10.4.1. Seção Mínima dos Condutores Fase

As seções dos condutores fase, em circuitos CA, e dos condutores vivos, em circuitos CC, **não devem** ser inferiores aos valores dados na tabela 10.6.

Tabela 10.6 - Seção mínima dos condutores ¹⁾ (Tabela 47 da NBR 5410:2004).

Tipo de Linha		Utilização do Circuito	Seção Mínima do Condutor (mm ²)	Material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuito de iluminação	1,5 16	Cobre Alumínio
		Circuito de força ²⁾	2,5 16	Cobre Alumínio
		Circuito de sinalização e circuitos de controle	0,5 ³⁾	Cobre
	Condutores nus	Circuito de força	10 16	Cobre Alumínio
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4	Cobre
Linhas flexíveis com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento	
		Para qualquer outra aplicação	0,75 ⁴⁾	Cobre
		Circuitos a extrabaixa tensão para aplicações especiais	0,75	Cobre

1) Seções mínimas ditadas por razões mecânicas.
 2) **Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força.**
 3) Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².
 4) Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

10.4.2. Seção do Condutor Neutro

O condutor neutro, num sistema elétrico de distribuição secundária (BT), tem por finalidade o equilíbrio e a proteção desse sistema elétrico.

A norma **NBR 5410:2004** determina:

1. O condutor neutro não pode ser comum a mais de um circuito (6.2.6.2.1).
2. O condutor neutro de um circuito monofásico deve ter a mesma seção do condutor de fase (6.2.6.2.2).
3. Com a presença das correntes de terceira harmônica:
 - a) **Circuitos trifásicos com neutro (3F+N)**, mesmo equilibrados:
 - a.1) Quando a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos forem **superiores a 15%** e não superiores a 33%, **o condutor neutro deve ser igual ao dos condutores de fase** (6.2.6.2.3).
 - a.2) Quando a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos forem **superiores a 33%**, pode ser necessário **um condutor neutro com seção superior à dos condutores de fase** (6.2.6.2.5).
 - b) **Circuitos com duas fases e neutro (2F+N)**
 - b.1) Se a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos **não forem superiores a 33%**, **o condutor neutro deve ser igual ao condutor de fase** (6.2.6.2.4).
 - b.2) Se a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos **forem superiores a 33%**, pode ser necessário **um condutor neutro com seção superior à dos condutores fase** (6.2.6.2.5).

Notas: 1. Os níveis das correntes harmônicas, citadas em "a.1" e "b.1", são encontrados em circuitos que alimentam luminárias com lâmpadas de descarga, incluindo as fluorescentes. 2. Os níveis de correntes harmônicas, citadas em "a.2" e "b.2", são encontrados, por exemplo, em circuitos que alimentam computadores ou outros equipamentos de tecnologia de informação. 3. **Dimensionamento do condutor neutro:** os níveis da "terceira harmônica das correntes de fase e do comportamento imposto à corrente de neutro pelas condições de desequilíbrio em que o circuito pode vir a operar, conforme as condições citadas em "a.2" e "b.2". Deve proceder conforme segue: **(Anexo F da NBR 5410:2004).**

Dimensionamento da seção do condutor neutro quando o conteúdo de terceira harmônica das correntes de fase for superior a 33%.

A seção do condutor neutro pode ser determinada calculando a corrente no neutro da seguinte forma:

$$1) I_N = f_h \cdot I_p \quad 2) I_p = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}$$

em que:

- I_N - Corrente no neutro em função da terceira harmônica, em **ampère (A)**;
- I_p - Corrente de projeto do circuito, valor eficaz total, em **ampère (A)**. A Norma trata como I_B ;
- I_1 - Valor eficaz da componente fundamental, ou componente de 60 Hz;
- I_1, I_2, \dots, I_n - Valores eficazes das componentes harmônicas de ordem i, j, \dots, n presentes na corrente de fase;
- f_h - É o fator retirado da tabela 10.F. Na falta de uma estimativa mais precisa da taxa de terceira harmônica esperada, recomenda-se a adoção de um f_h cujos valores se encontram na última linha ($\geq 66\%$).

Tabela 10.F - Fator f_h para a determinação da corrente de neutro. (Tabela F.1 do Anexo F da NBR 5410:2004).

Taxa de Terceira Harmônica	f_h	
	Circuito Trifásico com Neutro	Circuito com Duas Fases e Neutro
33% a 35%	1,15	1,15
36% a 40%	1,19	1,19
41% a 45%	1,24	1,23
46% a 50%	1,35	1,27
51% a 55%	1,45	1,30
56% a 60%	1,55	1,34
61% a 65%	1,64	1,38
$\geq 66\%$	1,73	1,41

4. Em circuitos trifásicos com neutro, caso os condutores de fase sejam superiores a 25 mm², a seção do condutor neutro pode ser inferior à dos condutores de fase, porém nunca ser inferior aos indicados na **tabela 10.7**, quando as três condições seguintes forem atendidas simultaneamente: (6.2.6.2.6)

- a) O circuito for presumivelmente equilibrado em serviço normal.
- b) A corrente das fases não contiver uma taxa de terceira harmônica e múltiplos superior a 15%.
- c) O condutor neutro for protegido contra sobrecorrentes (Veja o capítulo 13).

Tabela 10.7 - Seções mínimas do condutor neutro ¹⁾ (Tabela 48 da NBR 5410:2004).

Seção dos Condutores de Fase (mm ²) ²⁾	Seção Reduzida do Condutor Neutro (mm ²) ²⁾
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

1) As condições de utilização desta tabela são dadas no item 4 anterior.
2) Os valores são aplicáveis quando os condutores de fase e o condutor neutro forem do mesmo metal.

10.5. Dimensionamento de Condutores Elétricos

O dimensionamento do condutor é um procedimento para verificar a "**seção**" mais adequada que seja capaz de permitir a passagem da corrente elétrica, **sem aquecimento excessivo** e que a **queda de tensão seja mantida dentro dos valores (limites) normalizados** (figura 10.11 e tabela 10.22). Além disso, a seção dos condutores deve ser determinada de forma a que sejam atendidos, **no mínimo, todos os seguintes critérios** (6.2.6.1.2):

- A capacidade de condução de corrente dos condutores deve ser igual ou superior à corrente de projeto do circuito, incluindo as componentes harmônicas afetadas dos fatores de correção aplicáveis (ver item 10.4);
- A proteção contra sobrecarga, conforme itens 13.3 e 13.4;
- A proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas, conforme itens 13.3 e 13.4;
- A proteção contra choques elétricos por seccionamento automático da alimentação em esquemas TN e IT, quando pertinente (ver capítulo 11.3);
- Os limites de queda de tensão, conforme capítulo 10.5.2.
- As seções mínimas indicadas na tabela 10.6.

Os condutores devem ser dimensionados pelos seguintes critérios de:

- Capacidade de Condução de Corrente (Ampacidade);
- Limite de Queda de Tensão.

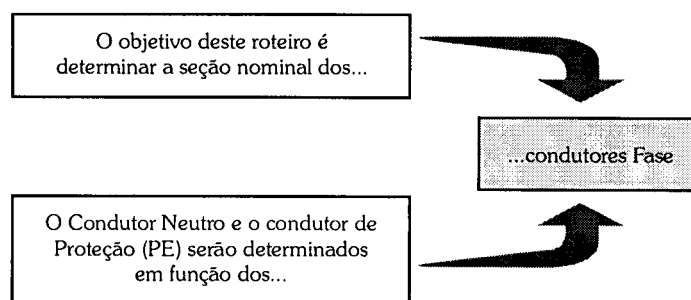
Em seguida, quando do dimensionamento dos dispositivos de proteção, verifica-se a **capacidade dos condutores** em relação às **sobrecargas e curtos-circuitos**.

10.5.1. Critério da Capacidade de Condução de Corrente (Ampacidade)

O condutor, ao ser submetido a uma **ddp (diferença de potencial)**, faz surgir em suas extremidades uma corrente elétrica. Essa corrente, ao passar pelo condutor, produz uma determinada quantidade de calor, que segundo a **Lei de Joule** tende a elevar a temperatura do condutor, cuja dissipação térmica depende da natureza dos materiais constituintes e do meio (**maneira de instalar o condutor**). Todo cuidado deve ser tomado para evitar que o calor eleve a temperatura a níveis que possam danificar o condutor, a isolação e outras partes próximas.

A norma **NBR 5410:2004** indica, por meio das tabelas 10.10, 10.11, 10.12 e 10.13, de Capacidade de Condução de Corrente e submetidas aos fatores de correção eventuais das tabelas 10.16, 10.17, 10.18 e 10.19, a **corrente máxima admissível** para cada tipo, seção e maneira de instalar, para que o condutor, durante períodos prolongados em funcionamento normal a temperatura máxima para serviço contínuo, não ultrapasse os valores da tabela 10.3.

10.5.1.1. Roteiro para Dimensionamento do Condutor pelo Critério da Capacidade de Corrente



Consulte as tabelas 10.7 e 13.1.

10.5.1.2. Tipo de Isolação

Conforme mencionamos no item 10.2.1(c), a isolação determina a temperatura máxima a que os condutores poderão estar submetidos em regime contínuo, em **sobrecarga** ou em condições de **curto-circuito**, conforme a tabela 10.3.

Os condutores com isolação de PVC são os mais comuns em instalações elétricas prediais.

10.5.1.3. Maneira de Instalar - Seleção e Instalação de Linhas Elétricas

Em uma instalação elétrica, é necessário definir a maneira como os condutores serão instalados (em eletrodutos embutidos ou aparentes, em canaletas ou bandejas, subterrâneos, diretamente enterrados ou ao ar livre, em escadas para cabos, cabos unipolares ou multipolares, etc.).

A maneira de instalar exerce certa influência no que se refere à capacidade de troca térmica entre os condutores e o ambiente, e em conseqüência, na sua capacidade de condução de corrente elétrica.

Tabela 10.8 - Tipos de linhas elétricas (Tabela 33 da NBR 5410:2004).

Método de Instalação Número	Método de Referência a Utilizar para a Capacidade de Condução de Corrente ⁽¹⁾	Descrição
1	A1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾ .
2	A2	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾ .
3	B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vezes o diâmetro do eletroduto.
4	B2	Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vezes o diâmetro do eletroduto.
5	B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não circular sobre parede.
6	B2	Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não circular sobre parede.
7	B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria.
8	B2	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria.
11	C	Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou afastado desta menos de 0,3 vezes o diâmetro do cabo.
11A	C	Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto.
11B	C	Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vezes o diâmetro do cabo.
12	C	Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não perfurada ou prateleira ³⁾ .
13	E (multipolar) F (unipolares)	Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, na horizontal ou vertical ⁴⁾ .
14	E (multipolar) F (unipolares)	Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais ou tela.
15	E (multipolar) F (unipolares)	Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vezes o diâmetro do cabo.
16	E (multipolar) F (unipolares)	Cabos unipolares ou cabo multipolar em leito.
17	E (multipolar) F (unipolares)	Cabos unipolares ou cabo multipolar suspenso(s) por cabo de suporte, incorporado ou não.
18	G	Condutores nus ou isolados sobre isoladores.
21	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1	Cabos unipolares ou cabos multipolares em espaço de construção ⁵⁾ , sejam eles lançados diretamente sobre a superfície do espaço de construção, sejam instalados em suportes ou condutos abertos (bandeja, prateleira, tela ou leito) dispostos no espaço de construção ^{5) 6)} .

Método de Instalação Número	Método de Referência a Utilizar para a Capacidade de Condução de Corrente ⁽¹⁾	Descrição
22	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1	Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção ^{5),7)} .
23	B2	Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção circular em espaço de construção ^{5),7)} .
24	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1	Condutores isolados em eletroduto de seção não circular em espaço de construção ⁵⁾ .
25	B2	Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não circular em espaço de construção ⁵⁾ .
26	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1	Condutores isolados em eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria ⁶⁾ .
27	B2	Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria.
31 32	B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical.
31A 32A	B2	Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical.
33	B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada encaixada no piso.
34	B2	Cabo multipolar em canaleta fechada encaixada no piso.
35	B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspensa(o).
36	B2	Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspensa(o).
41	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical ⁷⁾ .
42	B1	Condutores isolados em eletroduto de seção circular contido em canaleta ventilada encaixada no piso.
43	B1	Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada encaixada no piso.
51	A1	Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante ²⁾ .
52	C	Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional.
53	C	Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica.
61	D	Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a).
61A	D	Cabos unipolares em eletrodutos (de seção não-circular ou não) em canaleta não-ventilada enterrado(a) ⁸⁾ .
63	D	Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), com proteção mecânica adicional ⁹⁾ .
71	A1	Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura.
72 72A	B1 B2	72 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta provida de separações sobre parede. 72A - Cabo multipolar em canaleta provida de separações sobre parede.
73	A1	Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de porta.
74	A1	Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de janela.
75 75A	B1 B2	75 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta embutida em parede. 75A - Cabo multipolar em canaleta embutida em parede.

Notas Referentes à Tabela 10.8:

- 1) Método de referência a ser utilizado na determinação da capacidade de condução de corrente (6.2.5.1.2 da NBR 5410:2004): são métodos de instalação, para os quais a capacidade de condução de corrente foi determinada por ensaio ou por cálculo. São eles:
 A1: condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
 A2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
 B1: condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
 B2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
 C: cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira;
 D: cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo;
 E: cabo multipolar ao ar livre;
 F: cabos unipolares justapostos (na horizontal, na vertical ou em trifólio) ao ar livre;
 G: cabos unipolares espaçados ao ar livre.
- 2) O revestimento interno da parede possui condutância térmica de no mínimo 10 W/m².K.
- 3) É possível a instalação de condutores canaletas perfilados, desde que: "sem tampa ou com tampa desmontável sem auxílio de ferramenta, ou canaletas ou perfilados com paredes perfuradas, com ou sem tampa, desde que esses condutos: a) sejam instalados em locais só acessíveis a pessoas advertidas (BA4-Pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas, de tal forma que lhes permite evitar os perigos da eletricidade (pessoal de manutenção e/ou operação) ou qualificadas (BA5-Pessoas com conhecimento técnico ou experiência tal que lhes permite evitar os perigos da eletricidade (engenheiros e técnicos); ou b) sejam instalados a uma altura mínima de 2,50 m do piso". (nota de 6.2.11.4.1 da NBR 5410:2004)
- 4) A capacidade de condução de corrente para bandeja perfurada foi determinada considerando-se que os furos ocupassem no mínimo 30% da área da bandeja. Se os furos ocuparem menos de 30% da área da bandeja, ela deve ser considerada "não-perfurada".
- 5) Conforme a ABNT IEC 60050(826), os poços, as galerias, os pisos técnicos, os condutos formados por blocos alveolados, os forros falsos, os pisos elevados e os espaços internos existentes em certos tipos de divisórias (como, por exemplo, as paredes de gesso acartonado) são considerados espaços de construção.
- 6) "De" é o diâmetro externo do cabo, no caso de cabo multipolar. No caso de cabos unipolares ou condutores isolados, distinguem-se duas situações: a) três cabos unipolares (ou condutores isolados) dispostos em trifólio: "De" deve ser tomado igual a 2,2 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado; b) três cabos unipolares (ou condutores isolados) agrupados num mesmo plano: "De" deve ser tomado igual a três vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado.
- 7) "De" é o diâmetro externo do eletroduto, quando de seção circular, ou altura/profundidade do eletroduto de seção não-circular ou da eletrocalha.
- 8) Admite-se o uso de condutores isolados em eletroduto enterrado se, no trecho enterrado, não houver nenhuma caixa de passagem e/ou derivação enterrada e for garantida a estanqueidade do eletroduto (nota de 6.2.11.6.1 da NBR 5410:2004).
- 9) Admitem-se cabos diretamente enterrados sem proteção mecânica adicional, desde que esses cabos sejam providos de armação (ver 6.2.11.6 da NBR 5410:2004). Deve-se notar, porém, que esta Norma não fornece valores de capacidade de condução de corrente para cabos armados. Tais capacidades devem ser determinadas como indicado na ABNT NBR 11301. **Nota:** Em linhas ou trechos verticais, quando a ventilação for restrita, deve-se atentar para risco de aumento considerável da temperatura ambiente no topo do trecho vertical.

10.5.1.4. Corrente Nominal ou Corrente de Projeto (I_p)

É a corrente que os condutores de um **circuito de distribuição** ou **circuito terminal** devem suportar, levando-se em consideração as suas características nominais.

Dependendo do tipo de circuito, pode ser utilizada uma das seguintes equações:

Circuitos Monofásicos F + N F + F 2F + N	Resistivos (Lâmpadas incandescentes e resistências)	1 $I_p = \frac{P_n}{v}$	ou	2 $I_p = \frac{P_n}{V}$
	Indutivos (Reatores e motores)	3 $I_p = \frac{P_n}{v \cdot \cos \phi \cdot \eta}$	ou	4 $I_p = \frac{P_n}{V \cdot \cos \phi \cdot \eta}$

Notas: 1. Nos reatores para lâmpadas de descarga (lâmpadas fluorescentes, vapor de mercúrio, vapor de sódio, etc.) e motores, o η (rendimento) e o $\cos \varphi$ (Fator de Potência) são baixos devido ao consumo de energia reativa da rede de alimentação. 2. Lâmpadas incandescentes e resistências apresentam $\eta = 1$ e $\cos \varphi = 1$.

Circuitos Trifásicos	Equilibrados (3F)	5 $I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$
	Desequilibrados (3F+N)	6 $I_p = \frac{P_n}{3 \cdot v \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$

sendo:

- I_p - Corrente de projeto do circuito, em ampères, (A)
- P_n - Potência elétrica nominal do circuito, em watts (W)
- v - Tensão elétrica entre fase e neutro (127V - Sistema COPEL), em volts (V)
- V - Tensão elétrica entre fases (220V - Sistema COPEL), em volts (V)
- η - Rendimento
- $\cos \varphi$ - Fator de potência (cosseno do ângulo de defasagem entre a tensão e a corrente)

10.5.1.5. Número de Condutores Carregados

Entende-se por **condutor carregado** aquele que efetivamente é percorrido pela corrente elétrica no funcionamento normal do circuito. Os condutores fase e neutro são, neste caso, considerados condutores carregados. O número de condutores carregados a ser considerado é aquele indicado na tabela 10.9.

Tabela 10.9 - Número de condutores carregados a ser considerado, em função do tipo de circuito. (Tabela 46 da NBR 5410:2004).

Esquema de Condutores Vivos do Circuito	Número de Condutores Carregados a ser Adotado	Exemplo de aplicação
Monofásico a dois condutores	2	Circuitos de distribuição (Iluminação, tomadas, etc.)
Monofásico a três condutores	2	Circuitos alimentadores de transformadores monofásicos com tap (derivação) central no secundário
Duas fases sem neutro	2	Circuitos de distribuição de aparelhos de ar condicionados, chuveiros elétricos, ligados entre F-F=220V
Duas fases com neutro	3	Alimentadores gerais de quadros bifásicos
Trifásico sem neutro	3	Circuitos de distribuição para banco de capacitores, motores trifásicos, etc.
Trifásico com neutro	3 ou 4 ⁽¹⁾	Alimentadores gerais de quadros trifásicos

Notas (6.2.5.6.1/6.2.5.6.2 e Notas da NBR 5410:2004): 1. "Em circuitos trifásicos com neutro, quando a circulação de corrente no neutro não for acompanhada de redução correspondente na carga dos condutores de fase (circuito desequilibrado), o neutro deve ser computado como condutor carregado". É o que acontece quando a corrente nos condutores de fase contém componentes harmônicas de ordem três e seus múltiplos numa taxa superior a 15%. Neste caso considerar como **quatro condutores** carregados e a determinação da capacidade de condução de corrente dos condutores deve ser afetada do "**fator de correção devido ao carregamento do neutro**". Neste caso, aplica-se em caráter geral o **fator 0,86**, independentemente do método de instalação. É aplicável então às capacidades de condução de corrente válidas para três condutores carregados. Esse procedimento é válido e aplicável nas tabelas 10.10 a 10.13, por trazerem em suas colunas apenas dois e três condutores carregados. 2. O carregamento do neutro deve ser analisado caso a caso, de **acordo com o método de instalação**, onde quatro condutores carregados correspondem a dois circuitos de dois condutores carregados cada. Nessas condições aplica-se o fator de agrupamento válido para dois circuitos (os fatores de agrupamento são dados nas tabelas 10.16 a 10.19), e é aplicável às capacidades de condução de corrente para dois condutores carregados. 3. O fator de correção devido ao carregamento do neutro só é permitido a circuitos trifásicos com neutro. 4. O fator de correção devido ao carregamento do neutro pode ser dispensado, neste caso deve-se consultar a Norma nos itens F.2 e F.3 do Anexo F. 5. O dimensionamento do condutor neutro, ver 10.4.2 e notas neste capítulo do livro. 6. Os condutores utilizados unicamente como condutores de proteção (PE) não são considerados condutores carregados. Os condutores PEN são considerados condutores neutros.

10.5.1.6. Seção do Condutor para uma Temperatura Ambiente de 30°C (Condutores Não Enterrados no Solo) ou para uma Temperatura do Solo de 20°C (Condutores Enterrados no Solo)

Sendo conhecidos os itens anteriores, ou seja:

- a) Tipo de isolamento dos condutores: **Tabela 10.3;** c) Corrente de Projeto (I_p), do circuito, em ampères (A);
 b) Maneira de instalar o circuito: **Tabela 10.8;** d) Número de condutores carregados do circuito.

Consultamos uma das Tabelas 10.10 a 10.13, "e na coluna correspondente aos dados obtidos anteriormente, encontraremos a **Seção do Condutor**, que deve ser aquela que, por excesso, atenda ao valor da corrente, em função das características da instalação do circuito".

Tabela 10.10 - Capacidade de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C, e D (Tabela 36 da NBR 5410:2004).

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

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

Seções Nominiais mm ²	Métodos de Referência Indicados na Tabela 10.8											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de Condutores Carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1000	767	679	698	618	1012	906	827	738	1125	996	792	652
Alumínio												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Tabela 10.13 - Capacidade de Condução de Corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F, e G (Tabela 39 da NBR 5410:2004).

Condutores: cobre e alumínio
Temperatura no condutor: 90°C

Isolação: EPR ou XLPE
Temperatura de referência do ambiente: 30°C

Seções Nominais dos Condutores mm ²	Métodos de Referência Indicados na Tabela 10.8						
	Cabos Multipolares		Cabos Unipolares ¹⁾				
	Dois Condutores Carregados	Três Condutores Carregados	Dois Condutores Carregados, Justapostos	Três Condutores Carregados, em Trifólio	Três Condutores Carregados no Mesmo Plano	Espaçados	
						Justapostos	Horizontal
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	Cobre						
0,5	13	12	13	10	10	15	12
0,75	17	15	17	13	14	19	16
1	21	18	21	16	17	23	19
1,5	26	23	27	21	22	30	25
2,5	36	32	37	29	30	41	35
4	49	42	50	40	42	56	48
6	63	54	65	53	55	73	63
10	86	75	90	74	77	101	88
16	115	100	121	101	105	137	120
25	149	127	161	135	141	182	161
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	261	783	703	736	902	833
400	892	745	940	823	868	1085	1008
500	1030	859	1083	946	998	1253	1169
630	1196	995	1254	1088	1151	1454	1362
800	1396	1159	1460	1252	1328	1696	1595
1000	1613	1336	1683	1420	1511	1958	1849
	Alumínio						
16	91	77	90	76	79	103	90
25	108	97	121	103	107	138	122
35	135	120	150	129	135	172	153
50	164	146	184	159	165	210	188
70	211	187	237	209	215	271	244
95	257	227	289	253	264	332	300
120	300	263	337	296	308	387	351
150	346	302	389	343	358	448	408
185	397	346	447	395	413	515	470
240	470	409	530	471	492	611	561
300	543	471	613	547	571	708	652
400	654	566	740	663	694	856	792
500	756	652	856	770	806	991	921
630	879	755	996	899	942	1154	1077
800	1026	879	1164	1056	1106	1351	1266
1000	1186	1012	1347	1226	1285	1565	1472

1) Ou, ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.

10.5.1.7. Fatores de Correção para Dimensionamento de Condutores

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

São duas as correções que eventualmente é preciso fazer, para que a cada uma corresponda um **fator de correção**.

10.5.1.7.1. Fator de Correção de Temperatura (FCT) - Temperatura Ambiente e no Solo

"O valor da temperatura ambiente a ser utilizado é a temperatura do meio onde os condutores serão instalados, considerando-os não carregados" (6.2.5.3.1).

Os valores de Capacidade de condução de corrente das tabelas 10.10 a 10.13 se referem a uma temperatura ambiente de 30°C para todas as maneiras de instalar e de 20°C para capacidades referidas a linhas enterradas (no solo).

Caso a temperatura ambiente seja diferente de **30°C** para condutores não enterrados e de **20°C** para condutores enterrados (no solo), aplicam-se os **fatores de correção da Tabela 10.14**.

Tabela 10.14 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para cabos não-enterrados e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas - FCT - (Tabela 40 da NBR 5410:2004).

Temperatura °C	Isolação			
	PVC	EPR ou XLPE	PVC	EPR ou XLPE
	Ambiente		do Solo	
10	1,22	1,15	1,10	1,07
15	1,17	1,12	1,05	1,04
20	1,12	1,08	-	-
25	1,06	1,04	0,95	0,96
30	-	-	0,89	0,93
35	0,94	0,96	0,84	0,89
40	0,87	0,91	0,77	0,85
45	0,79	0,87	0,71	0,80
50	0,71	0,82	0,63	0,76
55	0,61	0,76	0,55	0,71
60	0,50	0,71	0,45	0,65
65	-	0,65	-	0,60
70	-	0,58	-	0,53
75	-	0,50	-	0,46
80	-	0,41	-	0,38

10.5.1.7.2. Resistividade Térmica do Solo

"Os valores de capacidade de condução de corrente das tabelas 10.10 e 10.11, indicados para linhas subterrâneas (**20°C = no Solo**), são válidos para uma **resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W**, cujo **valor é o recomendado pela IEC** caso o tipo de solo e a localização geográfica não sejam especificados. Se a resistividade térmica do solo **for superior a 2,5 K.m/W**, caso de solos muito secos, os valores indicados nas tabelas devem ser reduzidos. A tabela **10.15** fornece os fatores de correção para "**Resistividade Térmica do Solo**" diferente de **2,5 K.m/W**."

Nota: Os valores indicados nas **tabelas 10.10 e 10.11** para linhas subterrâneas (no solo) referem-se **apenas a percursos no interior ou em torno das edificações**. Para outras instalações, a capacidade de condução de corrente deve ser calculada de acordo com a Norma ABNT NBR 11301:1990 (Nota 2 de 6.2.5.4 da NBR 5410:2004).

Tabela 10.15 - Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W (Tabela 41 da NBR 5410:2004).

Resistividade térmica K.m/W	1	1,5	2	3
Fator de correção	1,18	1,1	1,05	0,96

Notas:

- Os fatores de correção dados são valores médios para as seções nominais abrangidas nas tabelas 10.9 e 10.10, com uma dispersão geralmente inferior a 5%.
- Os fatores de correção são aplicáveis a cabos em eletrodutos enterrados a uma profundidade de até 0,8 m.
- Os fatores de correção para cabos diretamente enterrados são mais elevados para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K.m/W e podem ser calculados pelos métodos indicados na ABNT NBR 11301:1990.

10.5.1.7.3. Fator de Correção de Agrupamento (FCA) - Agrupamento dos Circuitos

O fator de correção de agrupamento é aplicável a vários circuitos, quando instalados num mesmo eletroduto, calha, bloco alveolado, bandeja, agrupados sobre uma superfície, ou ainda para cabos em eletrodutos enterrados, ou cabos diretamente enterrados no solo.

A **figura 10.10A** ilustra de forma esquemática as diversas maneiras de instalar, mencionada na **Tabela 10.8**, bem como as referências comerciais de condutores elétricos para instalações de uso geral, nas quais são aplicados os fatores de correção das **Tabelas 10.16 a 10.19**.

Maneira de Instalar	Esquema Indicativo	Cabos Pirelli de Baixa Tensão
Eletroduto em instalação aparente		Pirastic - Ecoflam Pirastic - Flex Ecoplus Sintenax Econax Voltalene Ecolene (*) Voltenax (*) Eproprene (*) Eprotenax Ecofix (*)
Eletroduto embutido em teto, parede ou piso		
Eletroduto em canaleta (aberta, ventilada ou fechada)		
Calha fechada		
Moldura, rodapé ou alizar		Pirastic Ecoflam Pirastic Ecoplus
Fixação direta na parede ou teto		Duplast Antiflam Triplast Antiflam Sintenax Econax Voltalene Ecolene (*) Voltenax (*) Eproprene (*) Eprotenax Ecofix (*)
Bandeja ou prateleira		
Suportes		
Calha aberta		
Poço		

Canaleta (aberta ventilada ou fechada)		Duplast Antiflam Triplast Antiflam Sintenax Econax Voltalene Ecolene (*) Voltenax (*) Eproprene (*) Eprotenax Ecofix (*)
Espaço de construção		
Bloco alveolado		
Diretamente enterrado		Sintenax Econax Voltalene Ecolene (*) Voltenax (*) Eproprene (*) Eprotenax Ecofix (*)
Eletroduto enterrado diretamente ou em envelope de concreto		
Sobre isoladores		Pirastic Ecoflam Voltalene Ecolene (*)
Linha aérea		
Ligação de equipamentos		PP Cordplast PB Termocord Plastiflex

(*) ver catálogo "Cabos de potência. Uso geral 0,6/1 kV".

Figura 10.10A - Maneiras de instalar, esquema indicativo e tipos de condutores para BT. Cortesia Pirelli.

A Norma NBR 5410:2004, itens 6.2.5.5.3 e 6.2.5.5.4, alíneas "a" e "b", estabelece que as capacidades de condução de corrente indicadas nas tabelas 10.10, 10.11, 10.12 e 10.13 são válidas para maneiras de instalar que se enquadrem nos métodos de referência (Tabela 10.8) A1, A2, B1, B2, C, D, E, F e G, e para:

- dois condutores carregados (dois condutores isolados, dois cabos unipolares ou um cabo bipolar);
- três condutores carregados (três condutores isolados, três cabos unipolares ou um cabo tripolar).

Caso haja "um número de condutores agrupados maior, deve-se aplicar os fatores de correção especificados na Tabela 10.16, se os condutores forem dispostos em feixe ou num mesmo plano, em camada única; ou os fatores de agrupamento da Tabela 10.17, caso os condutores sejam dispostos em mais de uma camada".

Notas: 1. Os fatores das tabelas foram obtidos considerando todos os condutores vivos com 100% de carga. Caso o carregamento seja menor de 100%, o fator de agrupamento pode ser aumentado. 2. Os fatores de redução FCA dos circuitos são valores médios adotados para as seções dos condutores, tipos de cabos e condições de instalação, conforme especificados nas tabelas. Deve-se observar as notas da tabelas. Eventualmente pode ser necessário um cálculo mais preciso. 3. Os fatores de Correção de Agrupamento dos circuitos (FCA) das tabelas se referem a condutores semelhantes, carregados igualmente. Se, por acaso houver situações em que ocorram condutores de seções diferentes, "devem ser tomadas precauções quanto ao carregamento dos condutores de menor seção" (ver 10.5.1.7.4).

Tabela 10.16 - Fatores de correção para agrupamento de circuitos ou cabos multipolares, aplicáveis aos valores da capacidade de condução de corrente dados nas tabelas 10.9; 10.10; 10.11 e 10.12 (Tabela 42 da NBR 5410:2004).

Ref.	Forma de Agrupamento dos Condutores	Número de Circuitos ou de Cabos Multipolares												Tabelas dos Métodos de Referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥ 20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado.	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	10.10 a 10.13 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira.	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70			10.10 e 10.11 (método C)	
3	Camada única no teto.	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada.	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			10.12 e 10.13 (métodos E e F)	
5	Camada única em leito, suporte.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Notas:

- Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.
- Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.
- O número de circuitos ou cabos com o qual se consulta a tabela refere-se:
 - à quantidade de grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares, cada grupo constituindo um circuito (supondo-se um só condutor por fase, isto é, sem condutores em paralelo), e/ou
 - à quantidade de cabos multipolares que compõem o agrupamento, qualquer que seja essa composição (só condutores isolados, só cabos unipolares, só cabos multipolares ou qualquer combinação).
- Se o agrupamento for constituído, ao mesmo tempo, de cabos bipolares e tripolares, deve-se considerar o número total de cabos como sendo o número de circuitos e, de posse do fator de agrupamento resultante, a determinação das capacidades de condução de corrente, nas tabelas 10.10 a 10.13, deve ser então efetuada:
 - na coluna de dois condutores carregados para os cabos bipolares;
 - na coluna de três condutores carregados para os cabos tripolares.
- Um agrupamento com N condutores isolados, ou N cabos unipolares, pode ser considerado composto tanto de N/2 circuitos com dois condutores carregados quando de N/3 circuitos com três condutores carregados.
- Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.

Tabela 10.17 - Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores - Métodos de referência C (Tabelas 10.10 e 10.11), E e F (tabelas 10.12 e 10.13) - (Tabela 43 da NBR 5410:2004).

Quantidade de Camadas	Quantidade de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares por camada				
	2	3	4 ou 5	6 a 8	9 e mais
2	0,68	0,62	0,60	0,58	0,56
3	0,62	0,57	0,55	0,53	0,51
4 ou 5	0,60	0,55	0,52	0,51	0,49
6 a 8	0,58	0,53	0,51	0,49	0,48
9 e mais	0,56	0,51	0,49	0,48	0,46

Notas:

- Os fatores são válidos independente da disposição da camada, se horizontal ou vertical.
- Sobre condutores agrupados em uma única camada, ver tabela 10.16 (linhas 2 a 5 da tabela).
- Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301:1990.

Tabela 10.18 - Fatores de agrupamento para linhas com cabos diretamente enterrados
(Tabela 44 da NBR 5410:2004).

Número de Circuitos	Distância entre Cabos (Nota 1) (a)				
	Nula	Um Diâmetro de Cabo	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

(1)

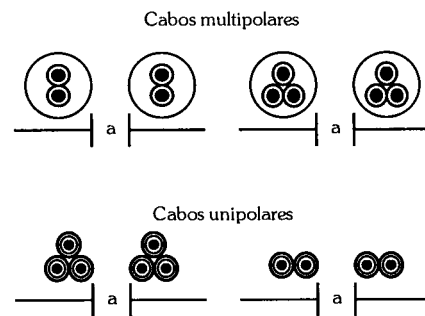
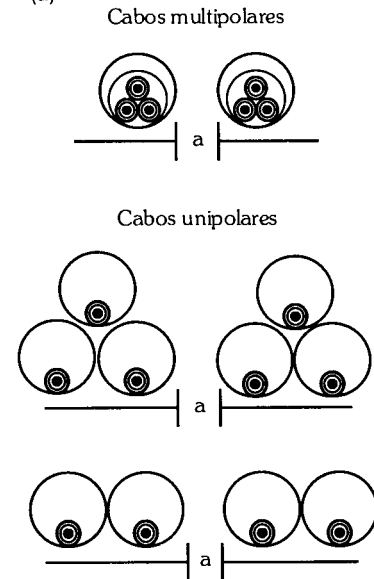


Tabela 10.19 - Fatores de agrupamento para linhas em eletrodutos enterrados.
(Tabela 45 da NBR 5410:2004).

Cabos Multipolares em Eletrodutos - Um Cabo por Eletroduto				
Número de Circuitos	Espaçamento entre Eletrodutos (a)			
	Nulo	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90
Condutores Isolados ou Cabos Unipolares em Eletroduto (Nota 2) Um Condutor por Eletroduto				
Número de Circuitos (Grupos de Dois ou Três Condutores)	Espaçamento entre Eletrodutos (a)			
	Nulo	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

(a)



Notas: 1. Os valores indicados são aplicáveis para uma profundidade de 0,7 m e uma resistividade térmica do solo de 2,5 Km/W. São valores médios para as seções de condutores constantes nas tabelas 10.18 e 10.19. Os valores médios arredondados podem apresentar erro de até $\pm 10\%$ em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301:1990. 2. Deve-se atentar para as restrições e problemas que envolvem o uso de condutores isolados ou cabos unipolares em eletrodutos metálicos quando se tem um único condutor por eletroduto.

10.5.1.7.4. Fator de Agrupamento - Situação Específica

A norma NBR 5410:2004, item 6.1.5.5.5, determina que: "os Fatores de Correção de Agrupamento dos circuitos (FCA) indicados nas tabelas 10.16, 10.17, 10.18 e 10.19 são válidos para grupos de condutores semelhantes, igualmente carregados. Condutores "semelhantes" são aqueles cuja capacidade de condução de corrente baseia-se na mesma temperatura máxima para serviço contínuo e cujas seções nominais estão **contidas no intervalo de três seções normalizadas sucessivas**. Quando os **condutores de um grupo** não preencherem essa condição, os fatores de agrupamento aplicáveis devem ser obtidos recorrendo-se a qualquer das duas alternativas seguintes:"

- Cálculo caso a caso, utilizando a norma ABNT NBR 11301:1990; ou
- Caso não seja viável um cálculo mais específico, pode ser adotado o fator F da expressão:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

em que:

- **F** - Fator de correção
- **n** - número de circuitos ou de cabos multipolares

Exemplo:

Uma instalação elétrica constituída por quatro circuitos, sendo: circuitos monofásicos, bifásicos e trifásicos, alimentados por cabos unipolares, justapostos (unidos) em uma camada única em bandeja perfurada. Conforme item 10.5.1.7.4, se os cabos cujas seções nominais **estiverem contidas no intervalo de três seções normalizadas sucessivas** (como, por exemplo: 6 mm², 10 mm² e 16 mm²) o fator, **obtido na tabela 10.16**, será **0,77**.

Se, no entanto, a seção nominal dos condutores de um dos circuitos for diferente, por exemplo: 4 mm² ou 25 mm², o fator será:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}} \Rightarrow F = \frac{1}{\sqrt{4}} \Rightarrow F = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{F = 0,5}$$

10.5.2. Critério do Limite de Queda de Tensão

O **valor da tensão padrão não é o mesmo**, considerando desde o ponto de tomada de energia (ponto de entrega) até o ponto mais afastado (circuito terminal ou de utilização). O que ocorre é uma **queda de tensão** provocada pela passagem da corrente em todos os elementos do circuito (interruptores, condutores, conexões, etc.). Essa **queda de tensão** não deve ser superior aos limites máximos estabelecidos pela norma NBR 5410:2004, a fim de não prejudicar o funcionamento dos equipamentos de utilização conectados aos circuitos terminais ou de utilização.

A **queda de tensão em uma instalação elétrica**, desde a origem até o ponto mais afastado de utilização de qualquer circuito de utilização, não deve ser superior aos valores da Tabela 10.20, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação.

Tabela 10.20 - Limites de Queda de Tensão (6.2.7.1 da NBR 5410:2004).

Denominação	Percentual (%)
a) A partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s).	7
b) A partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado.	7
c) A partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição.	5
d) A partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.	7
e) Queda de tensão nos circuitos terminais (6.2.7.2)	4

Notas:

1. "Os limites de queda de tensão anteriores são válidos quando a tensão nominal dos equipamentos de utilização previstos for coincidente com a tensão nominal da instalação".
2. "Nos casos das alíneas a), b) e d), quando as linhas principais da instalação tiverem um comprimento superior a 100 m, as quedas de tensão podem ser aumentadas de 0,005% por metro de linha superior a 100m, sem que, no entanto, essa suplementação seja superior a 0,5%".
3. Para circuitos de motores, com o objetivo de "evitar perturbações que comprometam a rede de distribuição, a própria instalação e o funcionamento das demais cargas por ela alimentadas, devem ser observados (6.5.1.2.1):" a) as restrições impostas pela empresa distribuidora de energia elétrica à partida de motores; b) os limites de queda de tensão nos demais pontos de utilização, durante a partida do motor, deve ser conforme os itens a) a d) da tabela 10.20. Para satisfazer essas condições a) e b), pode se necessário empregar dispositivo que limitem a corrente na partida do motor.
O dimensionamento dos condutores que alimentam motores deve ser tal que: a) em regime permanente, as quedas de tensão nos terminais do motor e em outros pontos de utilização, deve ser de acordo com os itens a) a d) anteriores (6.5.1.3.2). b) Durante a partida do motor, a queda de tensão no dispositivo de partida não ultrapasse 10% da tensão nominal (6.5.1.3.3). OBS.: 1. Em determinadas situações, é possível uma queda de tensão superior a 10% da tensão nominal, desde que o tempo de aceleração do motor não seja prolongado; 2. Adotar fator de potência 0,3 para o cálculo da queda de tensão do motor com rotor bloqueado.

A queda de tensão nos circuitos alimentadores e terminais (pontos de utilização) de uma instalação elétrica produz efeitos que podem levar os equipamentos à redução da vida útil até a sua queima. Essa queda de tensão faz com que os equipamentos recebam em seus terminais uma tensão inferior aos valores nominais, prejudicando o seu desempenho.

A NBR 5410:2004 estabelece as faixas nominais de tensão dos sistemas elétricos, conforme a Tabela 10.21.

Tabela 10.21 - Faixa de tensão (em volts). (Tabela A.1 da NBR 5410:2004).

Faixas	Sistemas Diretamente Aterrados				Sistemas Não Diretamente Aterrados	
	Corrente Alternada		Corrente Contínua		Corrente Alternada	Corrente Contínua
	Entre Fase e Terra	Entre Fases	Entre Pólo e Terra	Entre Pólos	Entre Fases	Entre Pólos
I	$U \leq 50$	$U \leq 50$	$U \leq 120$	$U \leq 120$	$U \leq 50$	$U \leq 120$
II	$50 < U \leq 600$	$50 < U \leq 1000$	$120 < U \leq 900$	$120 < U \leq 1500$	$50 < U \leq 1000$	$120 < U \leq 1500$

Notas:

- Nos sistemas não diretamente aterrados, se o neutro (ou compensador) for distribuído, os equipamentos alimentados entre fase e neutro (ou entre pólo e compensador) devem ser escolhidos de forma que sua isolamento corresponda à tensão entre fases (ou entre pólos).
- Essa classificação das faixas de tensão não exclui a possibilidade de serem introduzidos os limites intermediários para certas prescrições de instalação.

A figura 10.11 mostra detalhes de queda de tensão vistos na tabela 10.20:

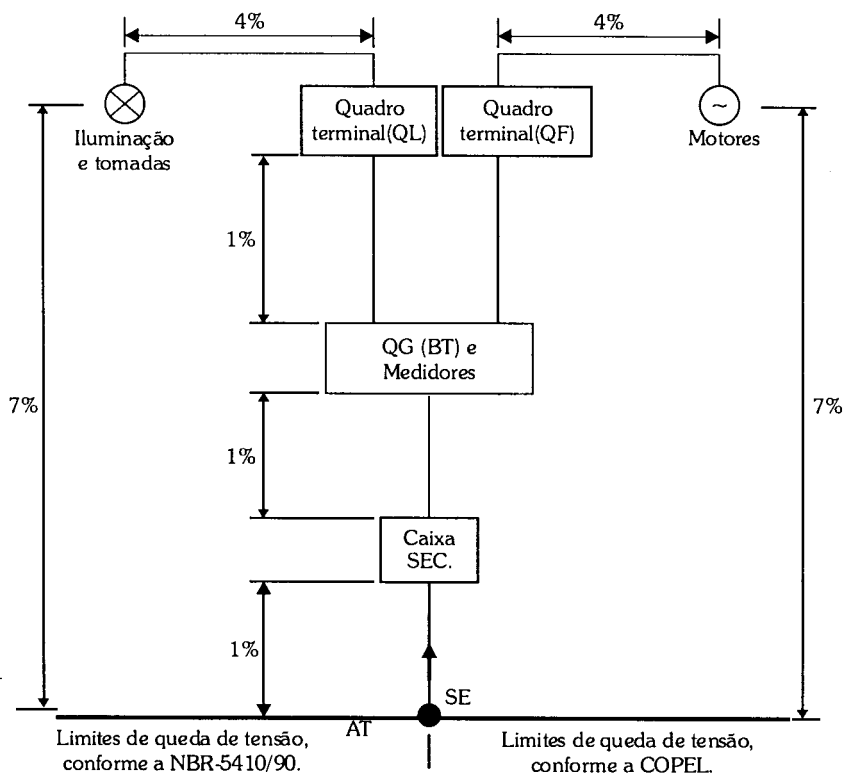


Figura 10.11

Atenção: Para o cálculo da queda de tensão num circuito deve ser utilizada a corrente de projeto do circuito.

Notas: 1. A corrente de projeto inclui as componentes de harmônicas. 2. Para circuitos de motores, ver notas da tabela 10.20 (6.2.7.4 e notas da NBR 5410:2004).

10.5.2.1. Roteiro para Dimensionamento pela Queda de Tensão

10.5.2.1.1. Método da Queda de Tensão Unitária

Roteiro

- a) Tipo de isolamento do condutor
- b) Método de instalação
- c) Material do eletroduto (magnético ou não magnético)
- d) Tipo do circuito (monofásico ou trifásico)
- e) Tensão do circuito (v ou V)
- f) Corrente de projeto (I_p)
- g) Fator de potência, $\cos \phi$ do circuito
- h) Comprimento (ℓ) do circuito, em km
- i) Queda de tensão $e(\%)$, admissível (figura 10.11)
- j) Cálculo da queda de tensão unitária:

$$\Delta V_{\text{unit.}} = \frac{e(\%) \cdot V}{I_p \cdot \ell}$$

- k) Escolha do condutor

Com o valor da queda de tensão unitária ($\Delta V_{\text{unit.}}$) calculado com a equação anterior, entramos na **Tabela 10.22** de queda de tensão para condutores, que esteja de acordo com os dados anteriores, e encontramos o valor cuja queda de tensão seja **igual ou imediatamente inferior** à calculada, obtendo desta forma a seção do condutor correspondente.

Tabela 10.22 - Queda de tensão em V/A.km.

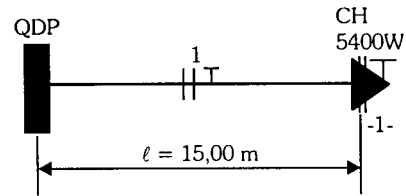
Seção Nominal mm ²	Eletroduto e calha (5) (mat. magnético)		Eletroduto e calha (5) (mat. não magnético)		Instalação ao ar livre (3)																							
	Cabo Sinentax, Voltanax e Voltalene				Cabos Unipolares (4)															C. Uni/Bipolar		C. Tri/Tetrapolar						
	Pirastic Super Pirastic - Flex Super		Pirastic Super Pirastic - Flex Super		Circuito Monofásico			Circuito Trifásico			Circuito Trifásico		Circuito Monofásico		Circuito Trifásico													
	Circ. Monofásico e Trifásico		Circuito Monofásico		Circuito Trifásico		S=10 cm			S=20 cm			S=2D			S=10 cm		S=20 cm		S=2D		(2)		(2)				
	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95
1,5	23	27,4	23,3	27,6	20,2	23,9	23,6	27,8	23,7	27,8	23,4	27,6	20,5	24,0	20,5	24,1	20,3	24,0	20,2	23,9	23,3	27,6	20,2	23,9	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14	16,8	14,3	16,9	12,4	14,7	14,6	17,1	14,7	17,1	14,4	17,0	12,7	14,8	12,7	14,8	12,5	14,7	12,4	14,7	14,3	16,9	12,4	14,7	14,3	16,9	12,4	14,7
4	9,0	10,5	8,96	10,6	7,79	9,15	9,3	10,7	9,3	10,7	9,1	10,6	8,0	9,3	8,1	9,3	7,9	9,2	7,8	9,2	9,0	10,6	7,8	9,2	9,0	10,6	7,8	9,2
6	5,87	7,00	6,03	7,07	5,25	6,14	6,3	7,2	6,4	7,2	6,1	7,1	5,5	6,3	5,5	6,3	5,3	6,2	5,2	6,1	6,0	7,1	5,2	6,1	6,0	7,1	5,2	6,1
10	3,54	4,20	3,63	4,23	3,17	3,67	3,9	4,4	3,9	4,4	3,7	4,3	3,4	3,8	3,4	3,8	3,2	3,7	3,2	3,7	3,6	4,2	3,1	3,7	3,6	4,2	3,1	3,7
16	2,27	2,70	2,32	2,68	2,03	2,33	2,6	2,8	2,6	2,8	2,4	2,7	2,2	2,4	2,3	2,5	2,1	2,4	2,0	2,3	2,3	2,7	2,0	2,3	2,3	2,7	2,0	2,3
25	1,50	1,72	1,51	1,71	1,33	1,49	1,73	1,83	1,80	1,86	1,59	1,76	1,52	1,59	1,57	1,62	1,40	1,53	1,32	1,49	1,50	1,71	1,31	1,48	1,50	1,71	1,31	1,48
35	1,12	1,25	1,12	1,25	0,98	1,09	1,33	1,36	1,39	1,39	1,20	1,29	1,17	1,19	1,22	1,22	1,06	1,13	0,98	1,09	1,12	1,25	0,97	1,08	1,12	1,25	0,97	1,08
50	0,86	0,95	0,85	0,94	0,76	0,82	1,05	1,04	1,11	1,07	0,93	0,97	0,93	0,91	0,96	0,94	0,82	0,85	0,75	0,82	0,85	0,93	0,74	0,81	0,85	0,93	0,74	0,81
70	0,64	0,67	0,62	0,67	0,55	0,59	0,81	0,76	0,87	0,80	0,70	0,71	0,72	0,67	0,77	0,70	0,63	0,62	0,55	0,59	0,62	0,67	0,54	0,58	0,62	0,67	0,54	0,58
95	0,50	0,51	0,48	0,50	0,43	0,44	0,65	0,59	0,71	0,62	0,56	0,54	0,58	0,52	0,64	0,55	0,50	0,47	0,43	0,44	0,48	0,50	0,42	0,43	0,48	0,50	0,42	0,43
120	0,42	0,42	0,40	0,41	0,36	0,36	0,57	0,49	0,63	0,52	0,48	0,44	0,51	0,43	0,56	0,46	0,43	0,39	0,36	0,36	0,40	0,41	0,35	0,35	0,40	0,41	0,35	0,35
150	0,37	0,35	0,35	0,34	0,31	0,30	0,50	0,42	0,56	0,45	0,42	0,38	0,45	0,37	0,51	0,40	0,38	0,34	0,31	0,30	0,35	0,34	0,30	0,30	0,35	0,34	0,30	0,30
185	0,32	0,30	0,30	0,29	0,27	0,25	0,44	0,36	0,51	0,39	0,37	0,32	0,40	0,32	0,46	0,35	0,34	0,29	0,27	0,25	0,30	0,29	0,26	0,25	0,30	0,29	0,26	0,25
240	0,29	0,25	0,26	0,24	0,23	0,21	0,39	0,30	0,45	0,33	0,33	0,27	0,35	0,27	0,41	0,30	0,30	0,24	0,23	0,21	0,26	0,24	0,22	0,20	0,26	0,24	0,22	0,20
300	0,27	0,22	0,23	0,20	0,21	0,18	0,35	0,26	0,41	0,29	0,30	0,23	0,32	0,23	0,37	0,26	0,28	0,21	0,21	0,18	0,23	0,20	0,20	0,18	0,23	0,20	0,20	0,18
400	0,24	0,20	0,21	0,17	0,19	0,15	0,32	0,22	0,37	0,26	0,27	0,21	0,29	0,20	0,34	0,23	0,25	0,19	0,19	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
500	0,23	0,19	0,19	0,16	0,17	0,14	0,28	0,20	0,34	0,23	0,25	0,18	0,26	0,18	0,32	0,21	0,24	0,17	0,17	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-
630	0,22	0,17	0,18	0,13	0,16	0,12	0,26	0,17	0,32	0,21	0,24	0,16	0,24	0,16	0,29	0,19	0,22	0,15	0,16	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
800	0,21	0,16	0,17	0,12	0,15	0,11	0,23	0,15	0,29	0,18	0,22	0,15	0,22	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,15	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-
1000	0,21	0,16	0,16	0,11	0,14	0,10	0,21	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,20	0,13	0,25	0,16	0,20	0,13	0,14	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	22	23	24	25

Instalação ao ar livre (3)																				DUPLAST AF		TRIPLAST AF Circ. Trifásico	
Cabos Eprotenax e Eproprene																							
Cabos Unipolares (4)															C. Uni/Bipolar		C. Tri/Tetrapolar						
Circuito Monofásico			Circuito Trifásico			Circuito Trifásico		Circuito Monofásico		Circuito Trifásico													
S=10 cm			S=20 cm			S=2D		S=10 cm		S=20 cm		S=2D											
FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95								
23,8	28,0	23,9	28,0	23,6	27,9	20,7	24,2	20,7	24,3	20,5	24,1	20,4	24,1	23,5	27,8								
14,9	17,4	15,0	17,5	14,7	17,3	12,9	15,1	13,0	15,1	12,8	15,0	12,7	15,0	14,6	17,3								
9,4	10,9	9,5	10,9	9,2	10,8	8,2	9,5	8,0	9,4	7,9	9,3	9,1	10,8	7,9	9,3								
6,4	7,3	6,4	7,3	6,2	7,2	5,5	6,3	5,6	6,3	5,4	6,2	5,3	6,2	6,1	7,1								
3,9	4,4	4,0	4,4	3,7	4,3	3,4	3,8	3,5	3,8	3,3	3,7	3,2	3,7	3,6	4,2								
2,58	2,83	2,64	2,86	2,42	2,74	2,25	2,46	2,31	2,48	2,12	2,39	2,05	2,35	2,34	2,70								
1,74	1,85	1,81	1,88	1,61	1,77	1,53	1,61	1,58	1,64	1,41	1,55	1,34	1,51	1,52	1,73								
1,34	1,37	1,40	1,41	1,21	1,30	1,18	1,20	1,23	1,23	1,06	1,14	0,99	1,10	1,15	1,26								
1,06	1,05	1,12	1,09	0,94	0,99	0,94	0,92	0,99	0,95	0,83	0,87	0,76	0,83	0,86	0,95								
0,81	0,77	0,88	0,80	0,70	0,71	0,72	0,68	0,78	0,70	0,63	0,63	0,56	0,59	0,63	0,67								
0,66	0,59	0,72	0,62	0,56	0,54	0,59	0,52	0,64	0,55	0,50	0,48	0,43	0,44	0,48	0,50								
0,57	0,49	0,63	0,53	0,48	0,45	0,51	0,44	0,56	0,46	0,43	0,40	0,36	0,36	0,40	0,41								
0,50	0,42	0,57	0,46	0,42	0,38	0,45	0,38	0,51	0,41	0,39	0,34	0,32	0,31	0,35	0,35								
0,44	0,36	0,51	0,39	0,38	0,32	0,40	0,32	0,46	0,35	0,34	0,29	0,27	0,26	0,30	0,29								
0,39	0,30	0,45	0,33	0,33	0,27	0,35	0,27	0,41	0,30	0,30	0,24	0,23	0,21	0,26	0,24								
0,35	0,26	0,41	0,29	0,30	0,24	0,32	0,24	0,37	0,26	0,28	0,21	0,21	0,18	0,23	0,20								
0,31	0,23	0,38	0,26	0,27	0,21	0,29	0,21	0,34	0,23	0,25	0,19	0,19	0,16	-	-								
0,28	0,20	0,34	0,23	0,25	0,18	0,26	0,18	0,32	0,21	0,24	0,17	0,17	0,14	-	-								
0,26	0,17	0,32	0,21	0,24	0,16	0,24	0,16	0,29	0,19	0,22	0,15	0,16	0,12	-	-								
0,23	0,15	0,29	0,18	0,22	0,15	0,22	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,15	0,11	-	-								
0,21	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,21	0,13	0,25	0,16	0,20	0,13	0,14	0,10	-	-								
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41								

Notas: 1. Temperatura no condutor 70°C. 2. Válido para instalação em eletroduto não magnético e diretamente enterrado. 3. Aplicável à fixação direta a parede ou teto, calha aberta, ventilada ou fechada, poço, espaço de construção, bandeja, prateleira, suportes sobre isoladores e linha aérea. 4. Aplicável também aos condutores isolados Pirastic Super Antiflam sobre isoladores e em linha aérea. 5. A dimensão do eletroduto e da calha adotada são tais que a área dos cabos não ultrapassa 40% da sua área interna.

Exemplos:

1. Dimensionar os condutores para um chuveiro, tendo como dados: $P_n = 5400W$, $V = 220V$, $\cos \varphi = 1$, isolamento de PVC, eletroduto de PVC embutido em alvenaria; temperatura ambiente: $30^\circ C$; comprimento do circuito: $15,00 m$.



Solução:

A - Pelo Critério da Capacidade de Condução de Corrente:

- a) Tipo de isolamento: **PVC**.
b) Método de Instalação: **7 - B1 (Tabela 10.8)**.

$$I_p = \frac{S}{V} \quad e \quad S = \frac{P}{\cos \varphi}$$

em que:

- I_p - Corrente de projeto, em ampère (A).
- S - Potência aparente, em volt-ampère (VA).
- V - Tensão elétrica, em volt (V)
- P - Potência ativa, em watt (W)
- $\cos \varphi = FP$ - Fator de potência do equipamento.

$$S = \frac{P}{FP} \Rightarrow S = \frac{5400}{1} \Rightarrow \boxed{S = 5400VA}$$

- c) Cálculo da corrente de projeto

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{5400}{220} \Rightarrow \boxed{I_p = 24,5A}$$

- d) Número de condutores carregados: **2**

- e) Escolha do condutor: consultando **tabela 10.10, coluna 6 (B1, 2cc)**, obtemos o valor imediatamente superior a I_p :

Obtemos 32 A - Seção dos condutores fase e proteção 4 mm².

- f) Corrente corrigida

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT$$

em que:

- I_c - Capacidade de condução de corrente dos condutores, conforme Tabelas 10.10; 10.11 10.12; 10.13, em ampère (A).
- I_z - Capacidade de condução de corrente dos condutores vivos do circuito nas condições previstas para sua instalação, submetidas aos fatores de correções eventuais das Tabelas 10.16; 10.17; 10.18; 10.19, em ampère (A).
- **FCA** - Fator de Correção de Agrupamento dos circuitos, conforme Tabelas 10.16; 10.17; 10.18 e 10.19.
- **FCT** - Fator de Correção para Temperatura ambiente ou no solo, Tabela 10.14.

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 32 \times 1 \times 1 \Rightarrow I_z = 32 A$$

- g) Escolha do condutor: consultando a Tabela 10.10, Coluna 6 (B1, 2cc), obtemos o valor

32A - Seção dos condutores fase e proteção 4 mm².

B - Pelo Critério da Queda de Tensão

- Material do eletroduto: PVC
- Tipo do circuito: monofásico (F-F)
- Fator de potência: $FP = \cos \varphi = 1$ (considera-se conforme a Tabela 10.22 - circuito monofásico, $FP = 0,95$, coluna 5)
- Comprimento do trecho: 15 m
- Queda de tensão unitária:

$$\Delta V_{\text{unit.}} = \frac{e(\%) \times V}{I_p \times \ell}$$

em que

- $\Delta V_{\text{unit.}}$ - Queda de tensão unitária, volt por ampère x quilômetro (V/Axkm).
- $e(\%)$ - Queda de tensão no trecho (veja a figura 10.11).
- ℓ - Comprimento do trecho, em quilômetro (km).
- I_p - Corrente de projeto, em ampère (A).

Solução:

$$\Delta V_{\text{unit.}} = \frac{e(\%) \times V}{I_p \times \ell} \Rightarrow \Delta V_{\text{unit.}} = \frac{0,04 \times 220}{24,5 \times 0,015} \Rightarrow \Delta V_{\text{unit.}} = 23,9 \text{ V/Axkm}$$

- Escolha do condutor: consultando a **Tabela 10.22, coluna 5**, obtemos o valor **16,9 V/Axkm** (valor imediatamente inferior ao calculado-23,9 V/Axkm), que corresponde a:

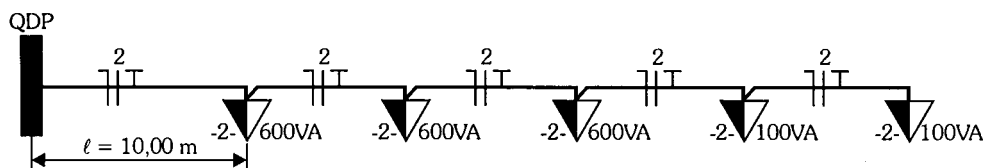
Seção dos condutores fase e proteção 2,5 mm².

Seção dos condutores adotados 4 mm².

Nota: Neste exemplo verificamos que para os critérios de dimensionamento obtemos valores de Seções dos Condutores diferentes (4 mm² e 2,5 mm²). Quando os resultados forem diferentes, **adota-se o condutor de maior seção**. Porém, **a seção final dos condutores depende do dimensionamento da proteção**, que será estudado no capítulo 12, bem como o dimensionamento dos eletrodutos no capítulo 11.

- Dimensionar os condutores para um circuito das tomadas da cozinha, cuja potência é **S = 2000 VA**; **V = 127V**; isolamento do condutor de **PVC**; eletroduto embutido em alvenaria; temperatura = **30°C**; comprimento do circuito 10,0 m.

Esquema:



Solução:

A - Pelo Critério da Capacidade de Condução de Corrente:

- Cálculo da corrente de projeto

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{2000}{127} \Rightarrow I_p = 15,7 \text{ A}$$

Consultando a **Tabela 10.10, Coluna 6 (B1, 2cc)**, encontramos o valor **17,5A** (valor imediatamente superior a 15,4A) e encontramos....

...Seção dos condutores neutro, fase e proteção 1,5 mm².

No entanto, pela Tabela 10.6, a seção mínima para condutores de circuitos de tomada de corrente é **2,5 mm²**. Seção que deve ser adotada para os condutores neutro, fase e proteção.

b) Cálculo da corrente corrigida

- I_z - Tabela 10.10, Coluna 6 (B1, 2cc).
- **FCA** - Tabelas 10.16, Ref. 1, um circuito em eletroduto de PVC = 1.
- **FCT** - Tabela 10.14, 30°C = 1.

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 1 \times 1 \Rightarrow \boxed{I_z = 24 \text{ A}}$$

24 A - Seção dos condutores neutro, fase e proteção 2,5 mm².

B - Pelo Critério da Queda de Tensão

- $\Delta V_{\text{unit.}}$ = Tabela 10.22, Coluna 5, FP = 0,95 (considera-se o valor imediatamente inferior ao calculado).
- $e(\%) = 4\%$
- $\ell =$ em km.

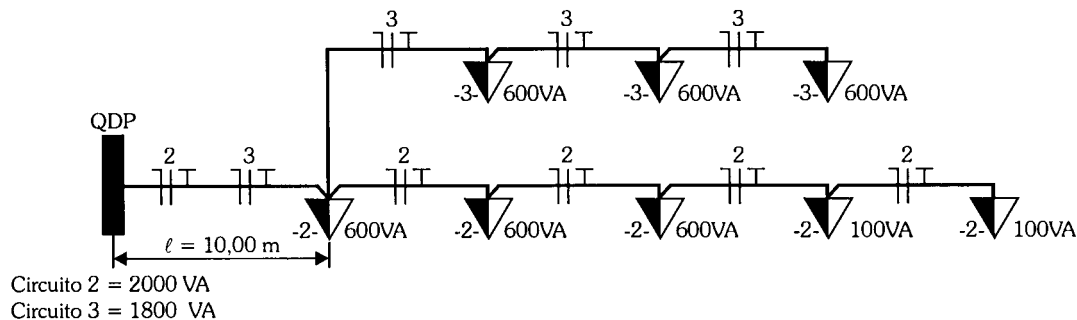
$$\Delta V_{\text{unit.}} = \frac{e(\%) \times V}{I_p \times \ell} \Rightarrow \Delta V_{\text{unit.}} = \frac{0,04 \times 127}{15,7 \times 0,010} \Rightarrow \Delta V_{\text{unit.}} = \frac{5,08}{0,157} \Rightarrow \boxed{\Delta V_{\text{unit.}} = 32,36 \text{ V/Axkm}}$$

Valor imediatamente inferior ao calculado é **27,6V/Axkm. Seção dos condutores 1,5 mm².**

Seção dos condutores neutro, fase e proteção, a considerar momentaneamente, será 2,5 mm².

3. Calcular os condutores, considerando o exemplo e dados anteriores para dois circuitos de tomadas num mesmo eletroduto.

Esquema:



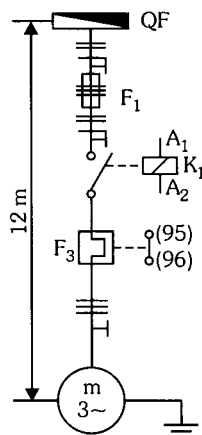
Neste caso ocorre alteração somente na corrente corrigida.

- I_z - Tabela 10.10, Coluna 6 (B1, 2cc).
- **FCA** - Tabela 10.16, Ref. 1, dois circuitos em eletroduto de PVC = 0,80.
- **FCT** - Tabela 10.14, temperatura ambiente 30°C = 1.

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 0,8 \times 1 \Rightarrow \boxed{I_z = 19,2 \text{ A}}$$

Nota: Comparando os resultados, no exemplo anterior com um circuito em eletroduto, a capacidade de condução de corrente do **condutor 2,5 mm² é 24 A**. Para este exemplo, onde temos dois circuitos num mesmo eletroduto, e a capacidade do **condutor 2,5 mm² passa para 19,2 A**. Isso ocorre devido à interferência que ocorre entre os circuitos por estarem confinados em um mesmo eletroduto, sendo, portanto, necessário efetuar a devida correção conforme determina a Norma. Lembre-se: a seção do(s) condutor(es) será(ão) definida(s) com o dimensionamento dos dispositivos de proteção (disjuntores), conforme capítulo 12.

4. Determinar a seção dos condutores do ramal alimentador para um **motor de indução trifásico, tensão = 220 V; potência = 7,5 cv, eletroduto de PVC embutido e alvenaria, temperatura ambiente = 30°C**, encontrando-se a uma distância de 12 metros do QDP. O valor do Fator de Potência = $FP = \cos \varphi = 0,85$, rendimento = $\eta = 0,90$.



Solução:

A - Pela Capacidade de Condução de Corrente

- a) Cálculo da corrente nominal do motor (I_m):

$$I_n = \frac{736 \times P_{cv}}{V \times \sqrt{3} \times \cos \varphi \times \eta} \Rightarrow I_n = \frac{736 \times 7,5}{220 \times 1,73 \times 0,85 \times 0,90} \Rightarrow I_n = 19 \text{ A}$$

- b) Cálculo dos condutores:

$$I_{ramal} \geq 1,25 \times I_n \Rightarrow I_{ramal} \geq 1,25 \times 19 \Rightarrow I_{ramal} \geq 23,75 \text{ A.}$$

Consultando a **Tabela 10.10 - Coluna 7 (B1, 3cc)**, encontramos o valor **28 A** (valor imediatamente superior a 23,75) e a **seção do condutor é 4 mm²**.

B - Pelo Critério da Queda de Tensão:

- $\Delta V_{unit.} = V/A \times km =$ Tabela 10.22 - Coluna 7 - Circuito trifásico
- $e(\%) \leq 4\%$ - Figura 10.11
- d - distância em km

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_n \times d \times 100}{V} \Rightarrow \Delta e(\%) = \frac{9,15 \times 19 \times 0,012 \times 100}{220} \Rightarrow \Delta e(\%) = 0,95\% \leq 4\%$$

28 A - Seção dos condutores fase e proteção 4 mm².

Notas: Para o cálculo da $\Delta e(\%)$ observar a tensão (V) da sua região, por exemplo: N + F = 127V; F = 220V; 2F = 220V; 2F = 380 V.

5. Determinar os condutores para um ramal alimentador trifásico, 220 V, distância 20 m, em eletroduto de PVC embutido em alvenaria, que alimenta os seguintes motores:

A - 15 cv ; B - 10 cv; C - 3 de 5 cv; D - 3 cv e E - 2 cv.

Os motores A e D partem simultaneamente. Considerando: $\cos\phi = 0,85$; $\eta = 0,90$.

Solução:

a) Cálculo da intensidade de corrente para cada um dos motores:

$$I_m = \frac{736 \times P_{cv}}{V \times \sqrt{3} \times \cos\phi \times \eta}$$

Motor A - 15cv - $I_m = 37,87$ A

D - 3cv - $I_m = 7,58$ A

B - 10cv - $I_m = 25,24$ A

E - 2cv - $I_m = 5,05$ A

C - 5cv - $I_m = 12,62$ A

Como os motores A e D partem simultaneamente, teremos para a corrente no ramal alimentador:

$$I_{ramal} = 1,25 \times I_n (\text{motores que partem simultaneamente}) + \sum I_n (\text{motores restantes})$$

$$I_{ramal} = 1,25 \times (37,87 \times 7,58) + 25,28 + (3 \times 12,62) + 5,05 \Rightarrow I_{ramal} = 125,15 \text{ A}$$

b) Cálculo dos condutores pela capacidade de condução de corrente

▪ $I_{ramal} =$ Tabela 10.10, Coluna 7 (B1, 3cc)

▪ $I_{ramal} = 125,15$ A, encontramos...

134 A - Seção dos condutores 50 mm².

c) Pelo critério da Queda de Tensão

▪ $\Delta V_{unit.} = V/A \times km =$ Tabela 10.22 - Coluna 7 - Circuito trifásico.

▪ $e(\%) \leq 4\%$ - figura 10.11.

▪ $d =$ distância em km.

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_{ramal} \times d \times 100}{V} \Rightarrow \Delta e(\%) = \frac{0,82 \times 125,15 \times 0,020 \times 100}{220} \Rightarrow \Delta e(\%) = 0,93\% \leq 4\%$$

134 A - Seção dos condutores fase 50 mm².

Tabela 10.7 - Seção do Condutor Neutro 25 mm².

Tabela 11.1 - Seção do Condutor de Proteção 25 mm².

3#50(25)T25 mm² - 750 V

10.5.2.1.2. Método pela Queda de Tensão Trecho a Trecho

Roteiro

a) Tipo de isolamento

f) Cálculo da corrente de projeto

b) Método de instalação

g) Cálculo da corrente corrigida

c) Material do eletroduto

h) Queda de tensão por trecho

d) Tipo de circuito

i) Escolha do condutor

e) Temperatura ambiente

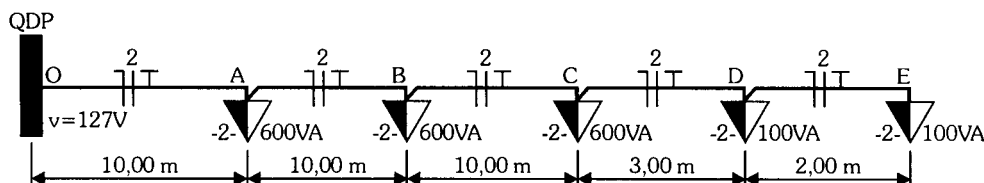
$$\Delta e_{(trecho)}(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times d \times 100}{V_n}$$

sendo:

- $\Delta e_{(trecho)}(\%)$ - Queda de tensão no trecho, em percentual (%)
- I_p - Corrente de projeto, em ampère (A)
- $\Delta e_{unit.}$ - Queda de tensão unitária, em volt por ampère x quilômetro (V/A.km) - Tabela 10.22.
- d - distância, em quilômetro (km)
- v_n - Tensão nominal, em volts (V) - (127V - Sistema COPEL)
- V_n - Tensão nominal, em volts (V) - (220V - Sistema COPEL)

Exemplo:

6. Seja um circuito terminal com cargas distribuídas, conforme em seguida: eletroduto de PVC embutido em alvenaria, temperatura: 30°C.



Solução

- a) Tipo de isolamento: **PVC.**
- b) Método de instalação: **7 (Tabela 10.8) - Eletroduto embutido em alvenaria.**
- c) Material do eletroduto: **PVC.**
- d) Tipo de circuito: **F-N, 2 cc.**
- e) Temperatura ambiente: **30°C.**
- f) Cálculo da corrente de projeto:

$$I_p = \frac{P_n}{v} \Rightarrow I_p = \frac{2000}{127} \Rightarrow \boxed{I_p = 15,7 \text{ A}}$$

g) Cálculo da corrente corrigida:

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 17,5 \times 1 \times 1 \Rightarrow \boxed{I_z = 17,5 \text{ A}}$$

De acordo com a Tabela 10.10, **coluna 6 (B1, 2cc)**, encontramos uma corrente de **17,5 A** (valor imediatamente superior a 15,7A), donde concluímos que a seção do condutor, levando-se em consideração somente o critério **da capacidade de corrente, é 1,5mm²**. No entanto, pela **Tabela 10.6, Seção mínima dos condutores**, obtemos a seção de **2,5 mm²** que é a **seção mínima para circuitos de tomadas de corrente**.

h) Queda de tensão trecho a trecho: esse método vai definir a seção do condutor para o circuito anterior.

Procedimento

Trecho: O - A

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times d \times 100}{V_n} \Rightarrow \Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 15,7 \times 0,010 \times 100}{127} \Rightarrow \boxed{\Delta e(\%) = 2,01\%}$$

E assim sucessivamente para cada trecho e vai lançando os valores na tabela seguinte:

Tabela 10.22 - Para seção 2,5 mm² - Coluna 5

Trecho	P (W)	I _p (A)	d (km)	Seção do Condutor (mm ²)	Δe (V/A.km)	Δe _(trecho) (%)	Δe _(acum.) (%)
O - A	2000	15,7	0,010	2,5	16,9	2,01	2,01
A - B	1400	11,0	0,010	2,5	16,9	1,46	3,47
B - C	800	6,3	0,010	2,5	16,9	0,84	4,31 > 4%
C - D	200	1,6	0,003	2,5	16,9	0,06	4,37
D - E	100	0,8	0,002	2,5	16,9	0,02	4,39

Pelo critério da queda de tensão trecho a trecho, verificamos que a partir do trecho B - C a **queda de tensão é superior a 4%**. A solução é refazer todos os cálculos com o condutor de seção imediatamente superior até que a queda de tensão no último trecho seja **igual ou inferior a 4%**.

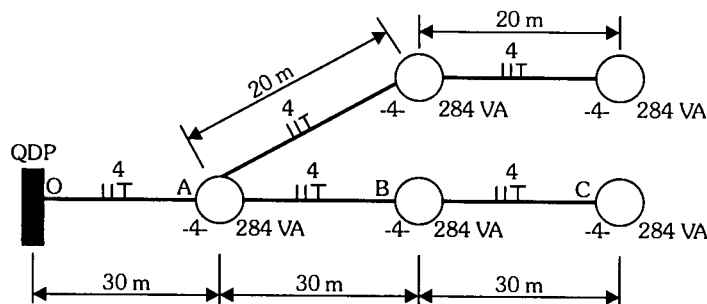
Tabela 10.22 - Para seção 4 mm² - Coluna 5

Trecho	P (W)	I _p (A)	d (km)	Seção do Condutor (mm ²)	Δe (V/A.km)	Δe _(trecho) (%)	Δe _(acum.) (%)
O - A	2000	15,7	0,010	4	10,6	1,31	1,31
A - B	1400	11,0	0,010	4	10,6	0,92	2,23
B - C	800	6,3	0,010	4	10,6	0,53	2,76
C - D	200	1,6	0,003	4	10,6	0,04	2,80
D - E	100	0,8	0,002	4	10,6	0,01	2,81 < 4%

Assim os condutores a serem utilizados para neutro, fase e proteção serão de seção 4 mm².

7. Considerando um circuito de iluminação de um estacionamento, conforme esquema seguinte: eletroduto de PVC embutido no solo, temperatura de 25°C, utilizando lâmpadas a vapor de mercúrio de 250 W, com reator de 220 V e fator de potência de 0,88.

Esquema:



Solução:

- Potência total do circuito 4 = 1420 VA.
 - a) Tipo de isolamento do condutor: PVC
 - b) Método de instalação: 61A (Tabela 10.8) - Eletroduto enterrado no solo
 - b) Material do eletroduto: PVC - Tabela 10.5 - figura 4 - 0,6/1 kV
 - c) Tipo de circuito: F - F, 2 cc
 - d) Temperatura do solo: 25°C

f) Cálculo da corrente do projeto - I_p :

$$I_p = \frac{P}{V \times FP} \quad \text{ou} \quad S = \frac{P}{FP} \Rightarrow S = \frac{250}{0,88} \Rightarrow \boxed{S = 284 \text{ VA}}$$

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{1420}{220} \Rightarrow \boxed{I_p = 6,45 \text{ A}}$$

Pela **Tabela 10.10**, maneira de instalar D, 2cc, coluna 12 encontramos a corrente imediatamente superior: **12 A - Seção do condutor 0,5 mm²**, mas pela **Tabela 10.6** a **seção mínima para circuitos de iluminação é 1,5 mm² - 22A**.

g) Cálculo da corrente corrigida:

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT$$

sendo:

- I_z - Corrente em função dos fatores de correção de agrupamento dos circuitos e da temperatura;
- I_c - Corrente máxima admissível pelo condutor, conforme Tabela 10.10 - Coluna 12 (D, 2cc);
- **FCA** - Fator de Correção de Agrupamento do circuito - Tabela 10.16 (Um circuitos em eletroduto de PVC = 1);
- **FCT** - Fator de Correção de Temperatura, Tabela 10.14 (PVC - do Solo - 25°C = 0,95).

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 22 \times 1 \times 0,95 \Rightarrow \boxed{I_z = 20,9 \text{ A}}$$

22 A - Seção do condutor 1,5mm².

h) Cálculo pelo método da queda de tensão trecho a trecho.

Trecho: O - A

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{\text{unit.}} \times I_p \times d \times 100}{V_n} \Rightarrow \Delta e(\%) = \frac{27,6 \times 6,45 \times 0,030 \times 100}{220} \Rightarrow \boxed{\Delta e(\%) = 2,42 \%}$$

E assim sucessivamente para os demais trechos, lançando os valores na tabela seguinte:

Observação: Para o cálculo, em relação à distribuição das lâmpadas, considera-se sempre o trecho mais longo.

Tabela 10.22 - Para seção 1,5 mm² - Coluna 5

Trecho	S (VA)	I_p (A)	d (km)	Seção do Condutor (mm ²)	Δe (V/A.km)	$\Delta e_{\text{(trecho)}}$ (%)	$\Delta e_{\text{(acum.)}}$ (%)
O - A	1420	6,45	0,030	1,5	27,6	2,42	2,42
A - B	566	2,58	0,030	1,5	27,6	0,97	3,39
B - C	284	1,29	0,030	1,5	27,6	0,48	3,87 < 4%

Como no último trecho a queda de tensão foi inferior a **4%**, os condutores a serem utilizados serão de **1,5 mm²**. Conforme **Tabela 10.5** - figura 4 - para eletrodutos enterrados a tensão de isolamento dos condutores será.

Condutores de Seção 1,5 mm² - 0,6/1 kV.

10.6. Identificação dos Condutores

10.6.1. Introdução

A **Norma NBR 5410:2004, item 6.1.5.2**, determina que "as linhas elétricas devem ser dispostas ou marcadas de modo a permitir sua identificação quando da realização de verificações, ensaios, reparos ou modificações na instalação". Além disso, a correta identificação dos condutores, codificando-os por cores, facilita e agiliza a execução da instalação.

10.6.2. Condutor Neutro

O condutor utilizado como **neutro**, seja ele isolado, cabo unipolar ou veia de cabo multipolar, obrigatoriamente deve ser utilizado para essa função. "Em caso de identificação por cor, deve ser usada a cor **azul-claro** na isolação do condutor" (6.1.5.3.1).

10.6.3. Condutor de Proteção (PE)

O condutor de proteção (PE), segundo a norma, deve ser utilizado em todos os circuitos da instalação. Qualquer condutor utilizado com essa finalidade deve ser identificado com dupla coloração verde-amarelo ou a cor verde (cores exclusivas da função de proteção) - (6.1.5.3.2).

10.6.4. Condutor com a função PEN

Qualquer que seja o tipo do condutor, quando "utilizado como condutor de proteção PEN, deve ser identificado com essa função". "Em caso de identificação por cor, deve ser usada a cor azul-claro, com anilhas verde-amarelo nos pontos visíveis ou acessíveis" (6.1.5.3.3).

10.6.5. Condutor(es) Fase(s) e Retorno(s)

Qualquer que seja o tipo do condutor utilizado como fase(s) e retorno(s), pode ser identificado por qualquer cor, observadas as restrições citadas nos itens 10.6.2; 10.6.3 e 10.6.4.

Nota: A NBR 5410:2004 diz que "por razões de segurança, **não deve ser usada a cor** de isolação exclusivamente **amarela** onde existir o risco de confusão com a dupla coloração verde-amarelo, cores exclusivas do condutor de proteção".

10.7. Conexões em Instalações Elétricas

10.7.1. Introdução

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

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

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

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

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

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

10.7.2. Conexões de Condutores entre Si em Prolongamento

Essa operação consiste em unir condutores para prolongar linhas. A sua utilização é recomendada em instalações de linha aberta (**figura 10.12**).



Figura 10.12

Processo de Execução

CASO 1 - Conexão em Linha Aberta ou Externa

1. Remova o isolante, aproximadamente 50 vezes o diâmetro (d) do condutor (**figura 10.13**).
2. Para remover o isolante, proceda conforme a figura **10.14**.
3. Cruze as pontas, formando um ângulo de 90° a 120° aproximadamente (**figura 10.15**).



Figura 10.13

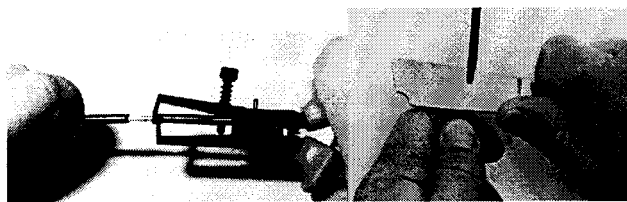


Figura 10.14

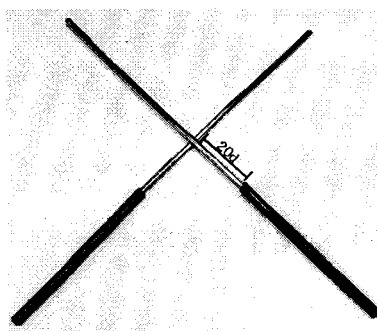


Figura 10.15

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

Atenção: Cuidado para não se ferir com o canivete.

Tabela 10.23 - Diâmetro nominal de condutores rígidos e flexíveis (d).

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

4. Segure os condutores com o alicate e inicie as primeiras voltas com os dedos (**figura 10.16**).
5. Finalize a primeira parte da emenda com auxílio de outro alicate (**figura 10.17**).

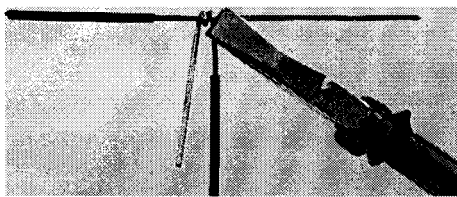


Figura 10.16

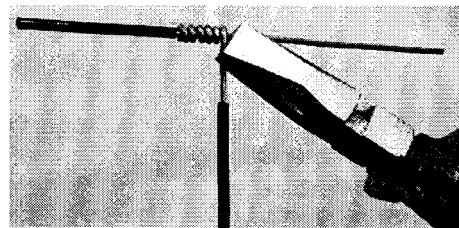


Figura 10.17

6. Inicie a segunda parte da emenda, segurando a primeira parte com o alicate (**figura 10.18**).
7. Dê o aperto final com auxílio de dois alicates (**figura 10.19**).

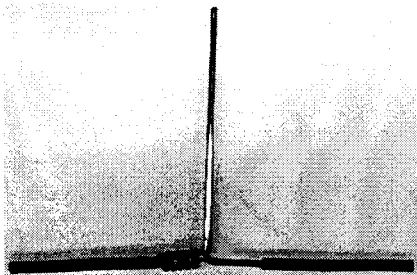


Figura 10.18

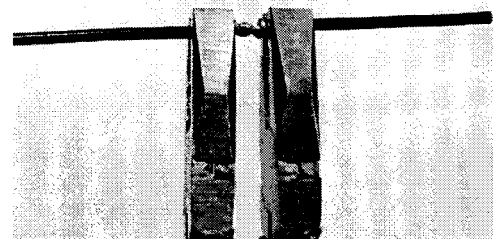
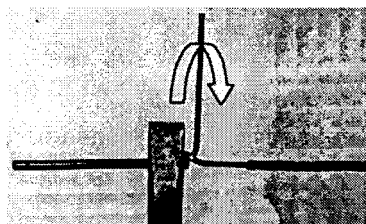


Figura 10.19

O aspecto final da emenda pode ser visto na **figura 10.12**.

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

A - Entre Condutores Rígidos

As figuras seguinte indicam a seqüência de execução desse tipo de emenda.

1. Remova a isolamento, aproximadamente 30 vezes o diâmetro (d) do condutor, em seguida coloque-os um ao lado do outro (**figura 10.20**).
2. Cruze os condutores, segurando-os com um alicate, fazendo com que formem um ângulo de 90° a 120° aproximadamente (**figura 10.21**).
3. Continue segurando os condutores com auxílio de um alicate e inicie as primeiras voltas (espirais) com os dedos (**figura 10.22**).

4. Termine a emenda com auxílio de outro alicate (figura 10.23).
5. Aspecto final da emenda (figura 10.24).
6. O travamento da emenda é dispensável, no entanto pode ser feito na impossibilidade da soldagem (figura 10.25).

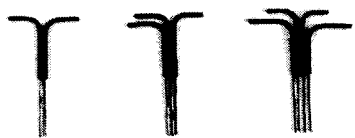


Figura 10.20



Figura 10.21

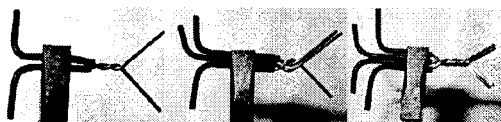


Figura 10.22

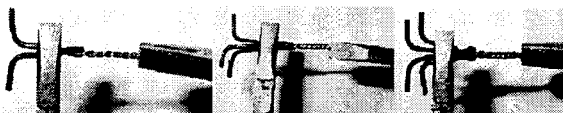


Figura 10.23

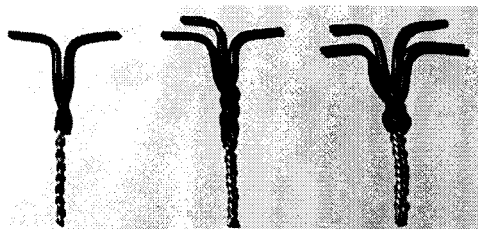


Figura 10.24

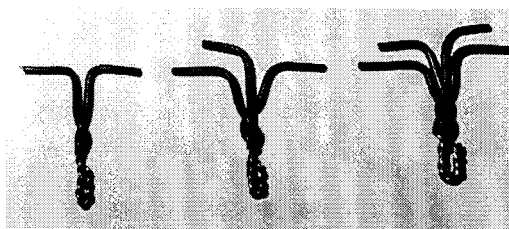


Figura 10.25

B - Entre Condutor Rígido e Flexível

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

1. Remova a isolação de ambos os condutores, conforme a figura 10.26.
2. Cruze os condutores, fazendo com que formem um ângulo de 90° entre si, e que o condutor flexível fique afastado da isolação do condutor rígido (figura 10.27).

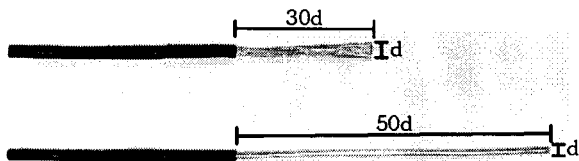


Figura 10.26

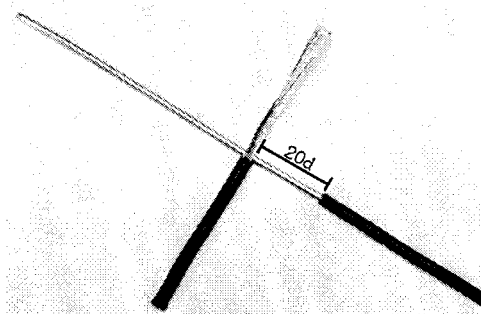


Figura 10.27

3. Inicie a emenda pelo condutor flexível, fazendo as espiras até completá-las (figura 10.28).
4. Com auxílio de um alicate universal dobre o condutor rígido sobre o flexível (figura 10.29).

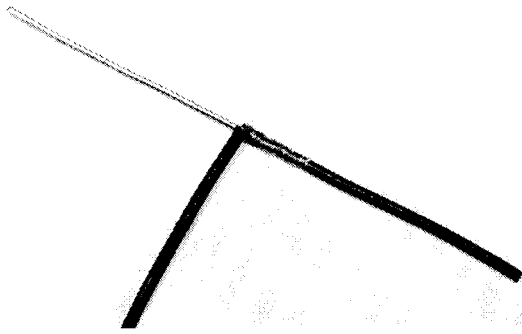


Figura 10.28

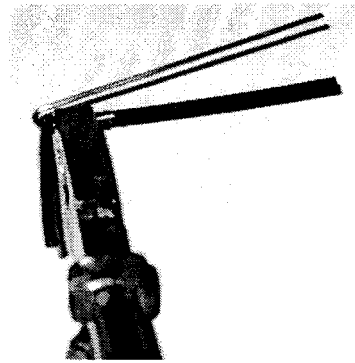


Figura 10.29

5. Dobre o condutor rígido, como mostra a **figura 10.30**.
6. Segure o condutor rígido pelo olhal com auxílio de um alicate de pressão, fazendo as espiras, conforme indicado na **figura 10.31**, até a conclusão da emenda.

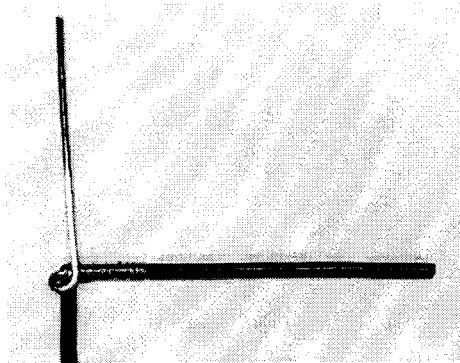


Figura 10.30

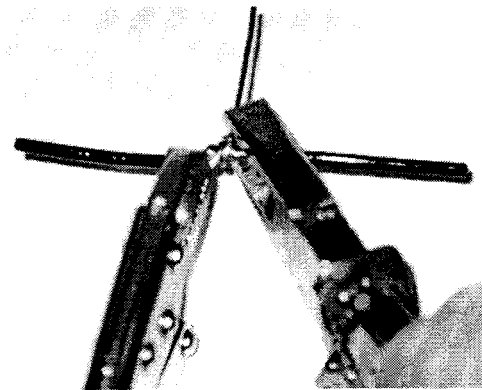


Figura 10.31

7. Aspecto final da emenda (**figura 10.32**).



Figura 10.32

C - Entre Condutores Flexíveis

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

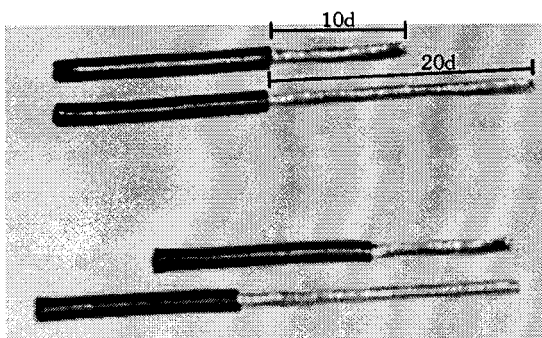


Figura 10.33

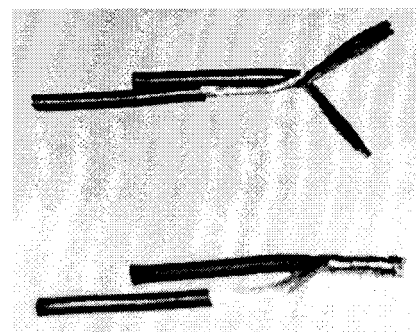


Figura 10.34

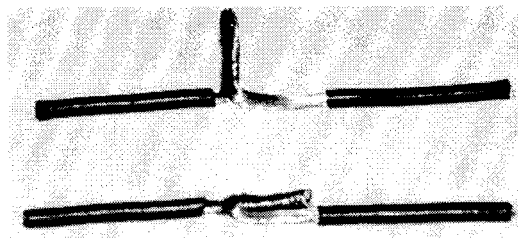


Figura 10.35

10.7.3. Conexões de Condutores em Derivação

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

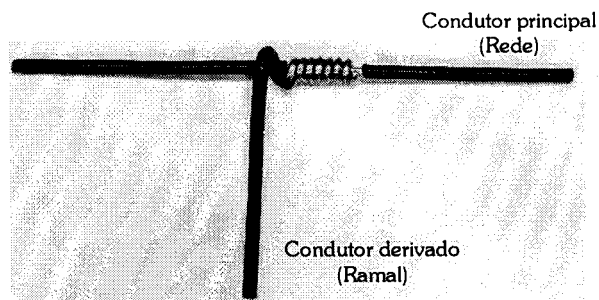


Figura 10.36 - Exemplo e aspecto final da emenda em derivação.

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

CASO 1 - Entre Condutores Rígidos - Derivação Simples

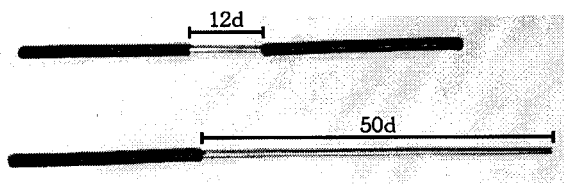


Figura 10.37

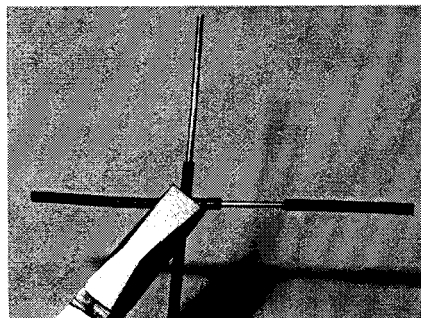


Figura 10.38

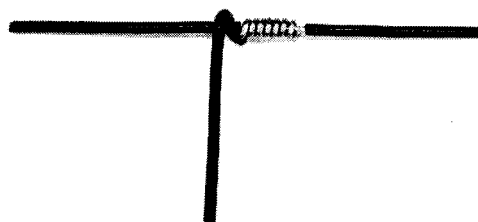


Figura 10.39

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

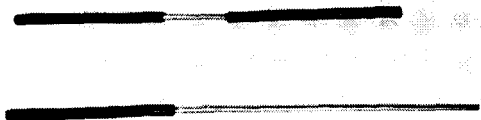


Figura 10.40

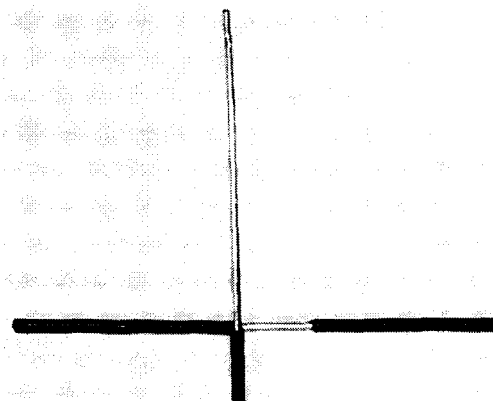


Figura 10.41

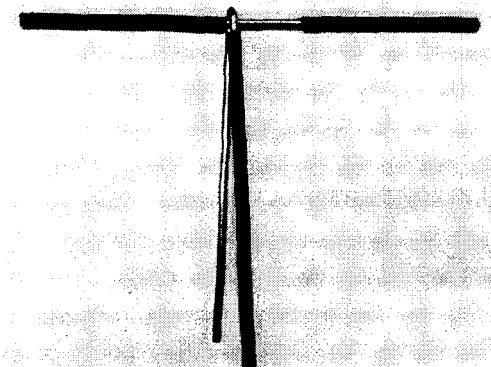


Figura 10.42

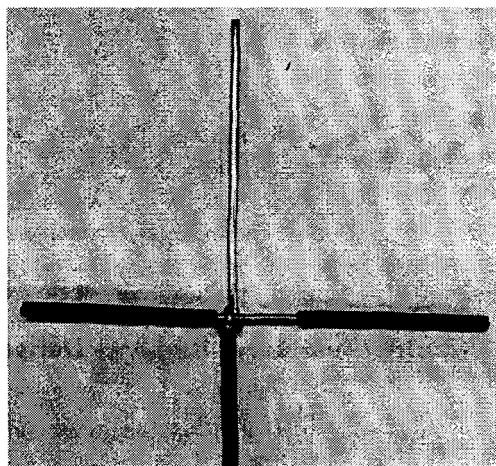


Figura 10.43

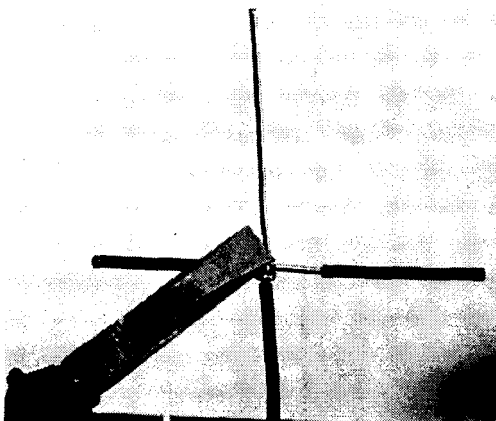


Figura 10.44

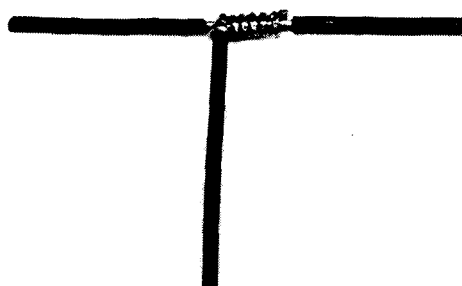


Figura 10.45

CASO 3 - De um Condutor Rígido com um Flexível

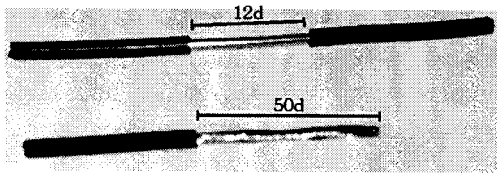


Figura 10.46

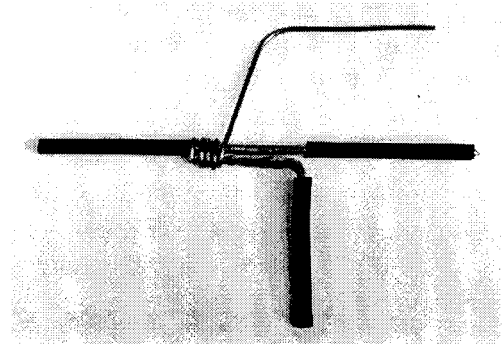


Figura 10.47

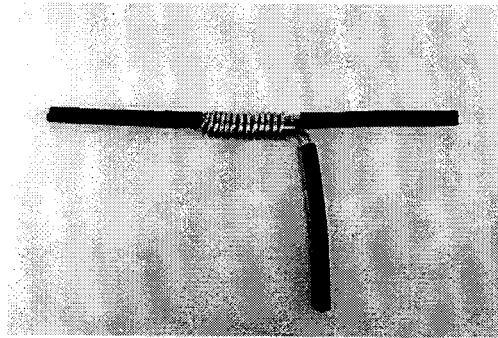


Figura 10.48

CASO 4 - De um Condutor Flexível com um Rígido

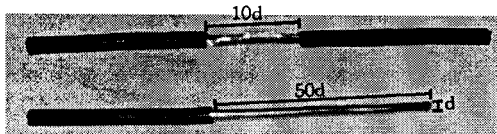


Figura 10.49

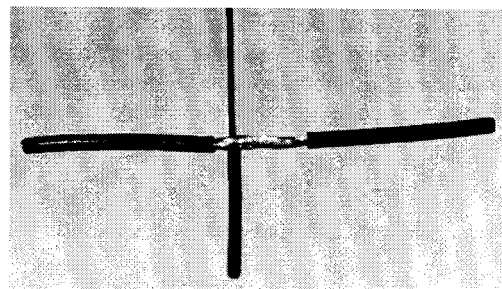


Figura 10.50

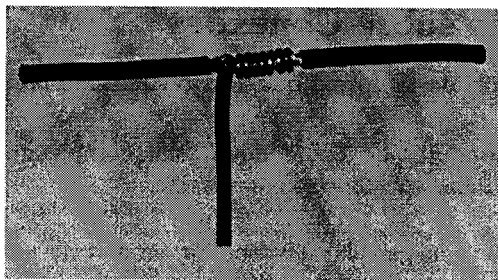


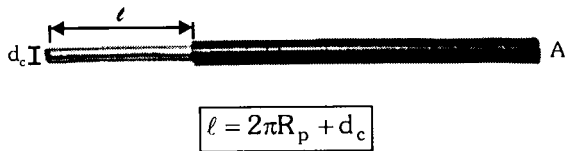
Figura 10.51

10.7.4. Olhal

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

Caso sejam utilizados **condutores flexíveis**, a conexão só é permitida com auxílio de **terminais apropriados**, conectados a esses condutores com **ferramentas adequadas** (veja capítulo 3, item 3.4.6 e figura 10.56).

As **figuras 10.52 e 10.53** mostram os procedimentos para a execução do olhal, bem como a sua correta fixação.



sendo:

- l - comprimento da circunferência do olhal, em mm.
- R_p - raio do parafuso, em mm.
- d_c - diâmetro do condutor, em mm.
- π - 3,14...

Figura 10.52

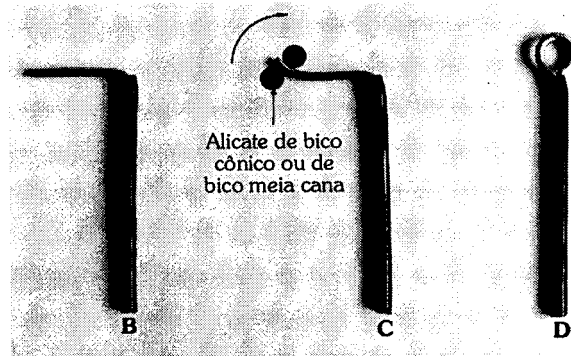


Figura 10.53

Notas: 1. O olhal deve ser colocado como indica a figura 10.54, com a finalidade de que não se abra ao apertar o parafuso. 2. Caso o parafuso seja do tipo não removível ou imperdível, deve-se elaborar um olhal semifechado de maneira que permita colocá-lo debaixo da cabeça, dando a seguir o fechamento final do olhal com auxílio de um alicate de bico.

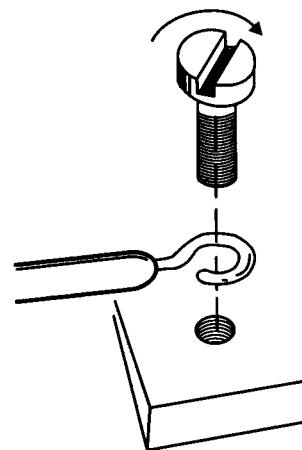


Figura 10.54

10.7.5. Recomendações sobre Conexões

1. Remover a isolamento do condutor, de tal forma que seja o suficiente para que, no ato de emendá-los, não ocorra falta nem sobra.
2. Após remover a isolamento, o condutor de cobre deve estar completamente limpo, isto é, isento de pó, partículas de massa de reboco, tintas, substâncias oleosas, etc.

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

3. As emendas ou conexões devem ser realizadas de modo que a pressão de contato independa do material isolante, ou seja, devem ser bem apertadas, proporcionando ótima resistência mecânica e excelente contato elétrico.
4. **As emendas ou conexões devem ser soldadas.** Essa medida proporciona:
 - Aumento da resistência mecânica da emenda;
 - Aumento da área de condutibilidade elétrica;
 - Evita a oxidação.
5. **Toda emenda deve, obrigatoriamente, ser isolada.**
6. "As conexões de condutores entre si e com equipamentos não devem ser submetidas a nenhum esforço de tração ou de torção, exceto em casos de linhas aéreas e equipamentos móveis" (6.2.8.7).
7. As conexões, quando necessárias, devem sempre ser realizadas no interior de caixas, quadros, etc., e nunca no interior de condutos fechados, cuja finalidade é garantir a necessária acessibilidade e proteção mecânica (6.2.8.8).
8. "As conexões devem ser realizadas de modo que a pressão de contato independa do material isolante (6.2.8.9)". Isto é, o material isolante empregado deve ter a função única e exclusiva de recompor o material de isolamento do condutor diante da conexão.
9. A conexão em condutores de alumínio somente é admitida por meio de conectores ou solda adequada (6.2.8.14).

10.7.6. Conexões Bimetálicas (NBR 5410:2004, item 6.2.8.15)

São destinadas a proporcionar a continuidade elétrica entre condutores de materiais diferentes.

Muitas vezes torna-se necessária a interligação (conexão) de condutores de cobre com condutores de alumínio. Esses metais conectados, em contato com o ar ou submetidos a variações de temperatura e umidade, causam uma ddp (diferença de potencial) entre eles, dando origem à corrosão galvânica.

A corrosão galvânica pode ser evitada com a adoção das seguintes regras básicas:

- A parte de cobre a ser conectada ao alumínio deve ser estanhada.
- Entre os metais, deve ser usado um **inibidor metálico**, cuja função é impedir a formação da película de óxido que é formada no alumínio. Geralmente é usado o **bronze estanhado** como inibidor (**figura 10.55**).
- Deve ser evitada a penetração de umidade no contato entre o cobre e o alumínio. A umidade na conexão bimetálica comporta-se como uma pilha, ou seja, existe um ânodo (alumínio), um cátodo (cobre) e um eletrólito (água).
- A conexão entre esses metais deve ser de tal forma que a massa do alumínio seja maior do que a massa do cobre.

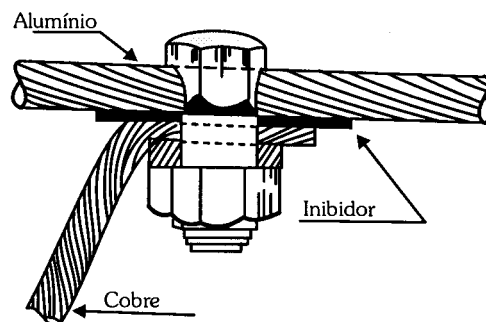


Figura 10.55

10.7.7. Acessórios para Condutores Elétricos

10.7.7.1. Conectores

Para condutores com seção transversal **superior a 10 mm²**, usam-se, com vantagem, os conectores.

Os conectores são dispositivos destinados a unir elétrica e mecanicamente dois ou mais condutores entre si, ou um condutor a um borne de interruptores, tomadas, disjuntores, etc.

Os conectores podem ser encontrados das mais variadas formas e tamanhos, destinados aos diversos tipos de serviço.

Podemos classificá-los em:

- Soldáveis
- Não soldáveis
 - Deformáveis
 - De pressão por parafuso
- Terminais
- De derivação
- De emenda
- Conectores rápidos isolantes

A **figura 10.56** mostra alguns tipos de conectores e terminais mais utilizados em instalações elétricas.

Atenção: Usar conector com isolamento de porcelana ou baquelite, na conexão de equipamentos de correntes elevadas, como, por exemplo: chuveiros, torneiras elétricas, etc., para evitar o que mostra a **figura 10.57**.

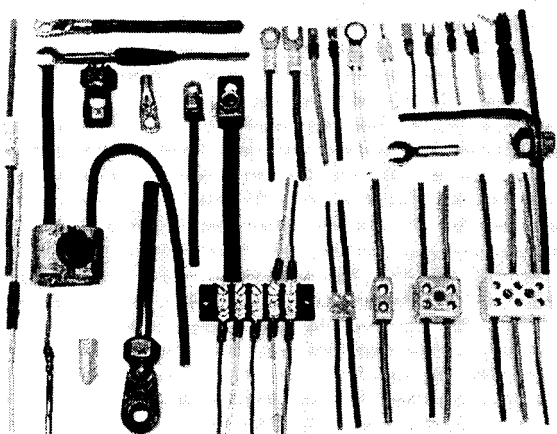


Figura 10.56 - Tipos de conectores e terminais.

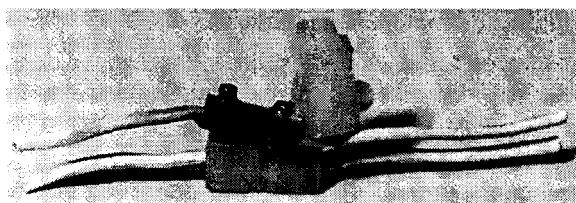


Figura 10.57 - Aspecto de um conector com isolamento de PVC submetido a correntes elevadas.

O conector rápido isolante é confeccionado em polipropileno, tendo como característica isolar e não propagar a chama. Possui internamente uma mola de aço em formato quadrado, a qual garante a firmeza da conexão, unindo com facilidade dois ou mais condutores rígidos e/ou flexíveis, de seções iguais ou diferentes, proporcionando excelente condutibilidade elétrica. O conector dispensa o uso de soldas, alicate, chave de fenda e fita isolante.

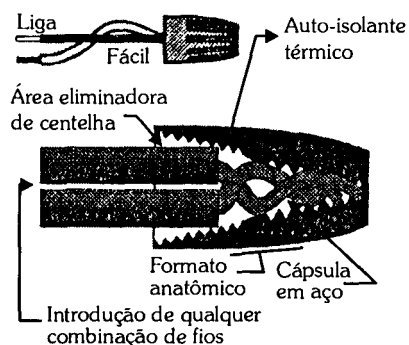
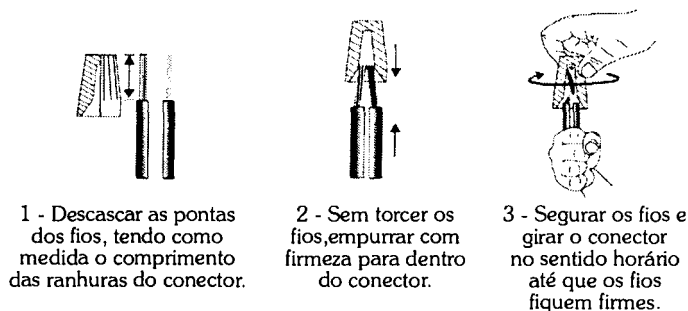


Figura 10.58 - Constituição do conector rápido (Liga-Fácil).



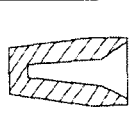
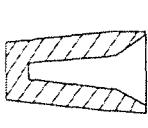
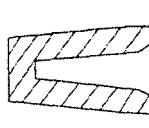
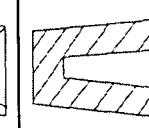
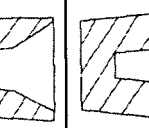
Para reaproveitar o conector girar no sentido anti-horário.

Figura 10.59 - Instrução de uso (todos os modelos). AMB.

Utilização

- Observe a **figura 10.59**.
- Condutores de cobre (rígidos e/ou flexíveis) com área mínima de 4 mm² e máxima de 17 mm².
- Para variação de seção e quantidade de condutores veja a tabela.

Tabela 10.24 - Tamanho, cor, seção e composição de conector rápido isolante (AMB).

Tamanho					
Cor	Cinza	Azul	Laranja	Amarelo	Vermelho
Seção(mm ²)	0,33 a 1,31	0,33 a 1,31	0,33 a 2,09	0,82 a 2,09	0,82 a 5,27
Composição	Mín. 1#0,52 e 1#0,33 Máx. 2#1,31	Mín. 3#0,52 Máx. 3#1,31	Mín. 3#0,52 Máx. 4#1,31 e 1#0,52	Mín. 1#2,09 e 1#0,82 Máx. 4#2,09	Mín. 2#2,09 Máx. 2#5,27 e 2#3,30

Aplicações: circuitos elétricos, iluminação, eletrodomésticos, chuveiros, aquecedores, sistemas de alarme, telecomunicações, indústrias automobilísticas, circuitos eletrônicos, etc.

Composição: mola interna em aço com capa isolante de polipropileno (antichama).

Vantagem

- Instalações residenciais e prediais - máximo 600 V.
- Instalações de ruas - máximo 1.000 V.
- Produto reaproveitável.
- Suporta temperaturas em regime permanente de 105°C, máxima permitida de 155°C.

10.7.7.2. Prensa-Cabos

São dispositivos com rosca, utilizados para vedação de entradas de cabos em caixas de derivação e outros aparelhos.

Possui amplo campo de aplicações em indústrias químicas, automobilísticas, naval, de máquinas e equipamentos, fabricantes de painéis e outras.

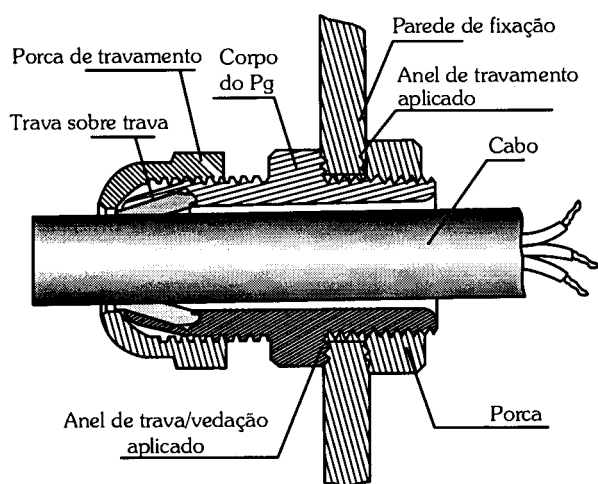


Figura 10.60 - Vista em corte do prensa-cabos de nylon injetado antichama, Pulsonic IFM.

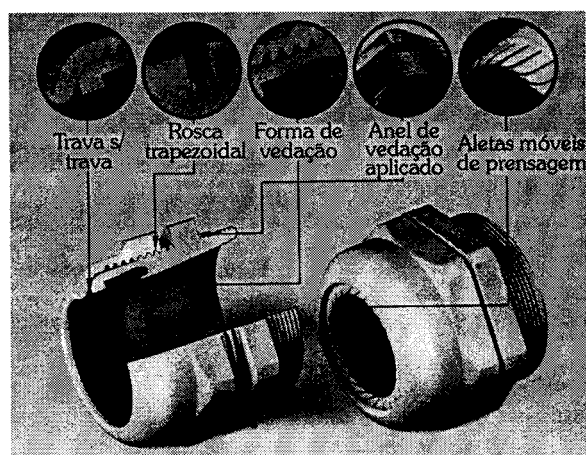


Figura 10.61 - Detalhes do prensa-cabos. Pulsonic IFM.

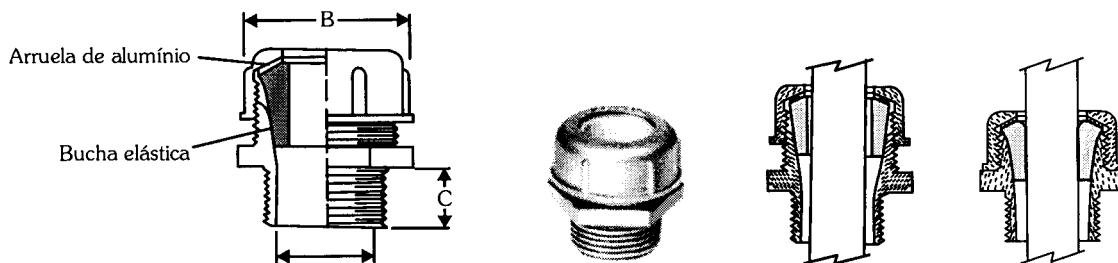


Figura 10.62 - Prensa-cabos em alumínio, silício, dotado de bucha cônica elástica e arruela de alumínio. Cortesia Wetzel.

10.8. Solda e Soldagem

10.8.1. Solda. O que é?

É uma liga (mistura) de dois materiais: o **estanho** e o **chumbo**, e conforme a proporção pode ser utilizada para a realização de diversos trabalhos.

10.8.2. Para que Serve?

Por exemplo, para unir condutores elétricos, dando à emenda as seguintes propriedades:

- boas condições de condutibilidade elétrica (bom contato elétrico);
- impedir o processo de oxidação;
- resistir melhor aos esforços mecânicos.

10.8.3. Características

As ligas (misturas) de materiais usadas nos trabalhos de eletricidade para soldagem de emendas, terminais, etc. apresentam **baixo ponto de fusão** na **proporção** de:

67% de estanho e 33% de chumbo.

Com esta proporção a **solda** se funde a uma **temperatura de...**

170°C.

A solda pode ser encontrada com os seguintes formatos (**figuras 10.63 e 10.64**).

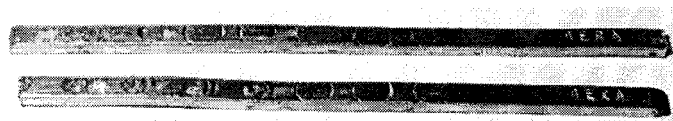


Figura 10.63 - Forma de barra (35 cm aproximadamente).

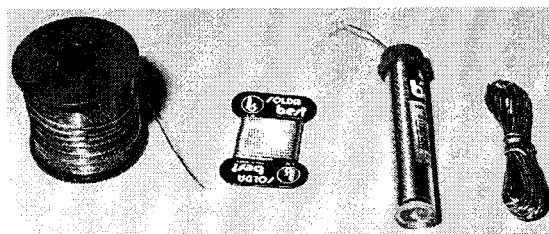


Figura 10.64 - Em forma de fios: carretel, cartela, tubo e avulso.

A solda encontrada em forma de fios, cujo diâmetro varia entre 0,8 a 1,5 mm, que é a mais usada em eletrônica, apresenta uma proporção de **60% de estanho e 40% chumbo**. Possui no seu interior núcleo de resina que tem por finalidade facilitar a aderência da solda nos locais em que deve ser aplicada.

10.8.4. Cuidados ao Efetuar uma Soldagem

1. Mantenha o ferro de soldar encostado numa emenda ou conexão pelo tempo estritamente necessário. Caso ultrapasse esse tempo, pode haver o comprometimento da soldagem (**figura 10.65**).

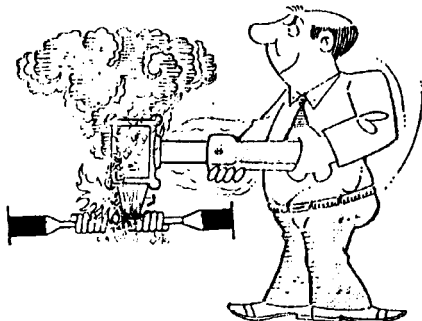


Figura 10.65

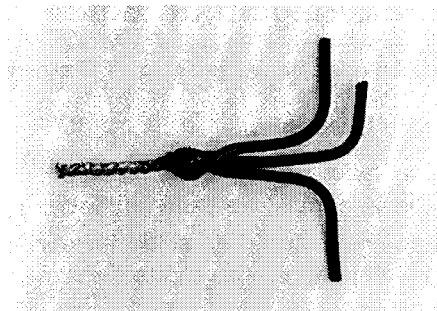


Figura 10.66

2. Aquecimento muito prolongado de uma emenda ou conexão aquece também o(s) condutor(es) e pode danificar sua isolação (**figura 10.66**).
3. Usar apenas a quantidade de solda necessária para efetuar uma boa soldagem (**figura 10.67**).

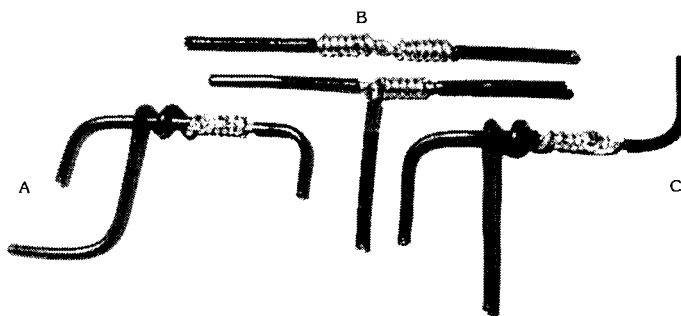


Figura 10.67 - A - Soldagem feita com ferro a uma temperatura muito baixa. B - Soldagem feita após atingida a temperatura normal de funcionamento do ferro de solda. A soldagem é lisa e brilhante. C - Soldagem feita com excesso de solda.

10.8.5. Condições de Aplicação

1. Verifique as condições do ferro de soldar, se está com a ponta perfeitamente limpa e estanhada.
2. Ligue o ferro de soldar, deixando-o aquecer por um tempo de cinco minutos aproximadamente, para que adquira a temperatura ideal de soldagem. Fazer limpeza na ponta do ferro se estiver com excesso de solda utilizando canivete ou escova de aço.

Nota: Se a ponta do ferro de soldar estiver demasiadamente quente, ela não pega a solda e a vaporiza, não permitindo a soldagem.

3. Faça uma limpeza minuciosa das partes que vão ser unidas, com auxílio de uma lixa, lima, etc. É importante que sejam eliminados todos os vestígios de graxa, óleos, crostas ou óxidos dos elementos a unir. Em **instalações elétricas**, podem ser usados produtos desoxidantes, sendo o mais comum o **breu** ou pasta para **soldar não ácida**.

Atenção: Na soldagem de componentes eletrônicos, em hipótese alguma, devem ser usadas pastas de soldar, devido à existência, nessas pastas, de substâncias agressivas, que podem danificar em pouco tempo esses componentes.

4. As partes a serem soldadas devem ficar firmes e imóveis, para se obter um bom contato elétrico. A **solda fraca** é quebradiça, enquanto está esfriando ou solidificando. Caso haja algum movimento entre as partes no momento da soldagem, pode provocar, como é comumente chamada, a "**solda fria**".
5. Ela apresenta cor prateada brilhante e a solda deve "escorrer" sobre a superfície das partes que estão sendo soldadas.

10.8.6. Soldagem de Emendas ou Conexões

Essa operação consiste em preparar e efetuar a soldagem de emendas (prolongamento, derivação ou junção).

Processo de Execução

- a. Após o ferro de soldar ter atingido a sua temperatura normal, com sua ponta devidamente limpa e estanhada, apoie-o na parte inferior da emenda ou conexão (**figura 10.68**).
- b. Apoie a barra ou fio de solda na parte superior da emenda até que a solda derretida preencha todos os espaços entre as espiras e cubra totalmente a emenda, conforme a **figura 10.69**.

Precaução: Cuidado para não se queimar, ou queimar o local onde foi posicionado o ferro quente. Durante o trabalho o ferro deve ser colocado sobre um suporte apropriado (por exemplo: suporte metálico com base isolante, tijolo, etc.).

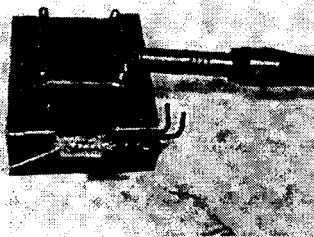


Figura 10.68

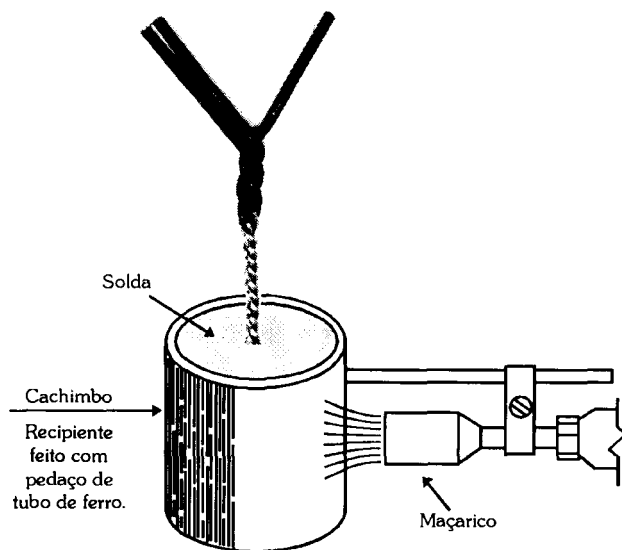


Figura 10.69

Notas: 1. Faça a soldagem logo após ter efetuado a emenda. 2. Nas emendas em caixas de passagem ou de derivação, o processo de soldagem é feito por um dispositivo, normalmente feito na própria obra, denominado "cachimbo" (**figura 10.69**).

- c. As emendas, após a soldagem, apresentam o aspecto da **figura 10.70**.

Atenção: É vedada a aplicação de solda a estanho na terminação de condutores, para conectá-los a bornes ou terminais de dispositivos ou equipamentos elétricos (NBR 5410:2004, item 6.2.8.10). Presume-se que a razão desse procedimento se refere ao fato de que, na eventualidade de aquecimento, ocorra o afrouxamento da conexão e, conseqüentemente, a soldagem dos componentes, dificultando a remoção do condutor.

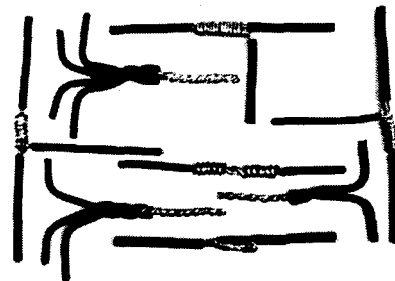


Figura 10.70

10.9. Materiais Isolantes

10.9.1. Introdução

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

10.9.2. Tipos

Os materiais isolantes podem ser classificados em:

- Fita isolante: de borracha (autofusão) ou plástica;
- Isolante termocontrátil;
- Isolante líquido.

10.9.2.1. Fita Isolante

a. Fita Isolante de Borracha (Autofusão)

É uma tira elástica fabricada com diversos compostos de borracha e não possui adesivos. Possui como característica a "**Autofusão**", isto é, ela se funde quando sobreposta, formando uma massa lisa e uniforme (**figura 10.71**).

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

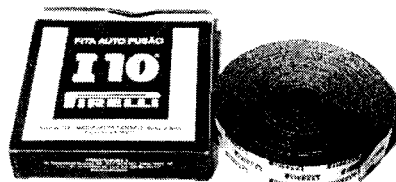


Figura 10.71 - Fita isolante de borracha (Autofusão). Cortesia: Pirelli.

b. Fita Isolante Plástica

É uma tira de material plástico, possui em um dos lados uma substância adesiva à base de borracha sensível à pressão. É fabricada em diversas cores: branca, amarela, azul, verde, vermelha e preta (**figura 10.72**).

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

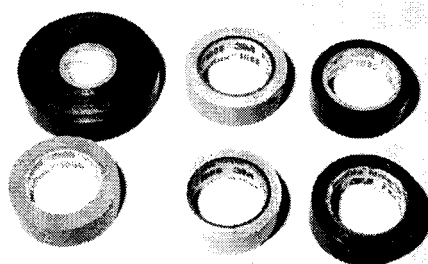


Figura 10.72 - Fitas isolantes plásticas.

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

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

10.9.2.2. Isolante Termocontrátil

São tubos flexíveis de poliolefina para uso contínuo em temperaturas de até 125°C. Esse isolante de material termocontrátil pode ser instalado com facilidade e rapidez, bastando utilizar aplicadores automáticos ou dispositivos de aquecimento normais (soprador térmico, maçarico, etc.) (**figura 10.73**).

Características

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

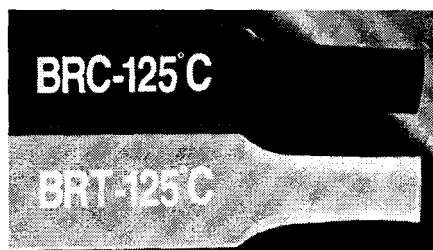


Figura 10.73 - Tubo termocontrátil.
Cortesia: Raychem.

10.9.2.3. Isolante Líquido

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

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



Figura 10.74

10.9.3. Isolar Emendas ou Conexões

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

Processo de Execução

CASO 1 - Isolar com Fita Isolante

1. Prenda a ponta da fita isolante à isolação do condutor (**figura 10.75**).
2. Inicie a primeira camada enrolando a fita isolante sobre a emenda, de modo que cada volta cubra metade da volta anterior (**figura 10.76**).



Figura 10.75



Figura 10.76

3. Sem cortar a fita, retorne até completar a segunda camada (**figura 10.77**).
4. Aspecto final da isolação com fita isolante (**figura 10.78**).

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

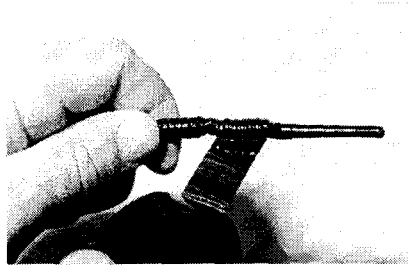


Figura 10.77

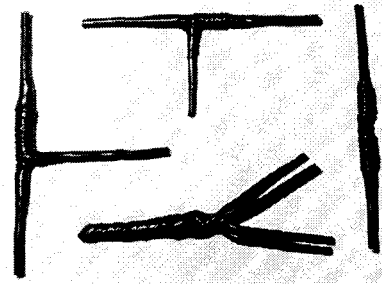


Figura 10.78

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

CASO 2 - Isolar com Isolante Tubular Termocontrátil

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

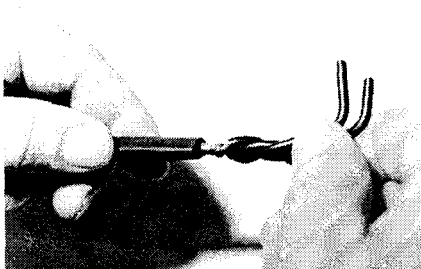


Figura 10.79

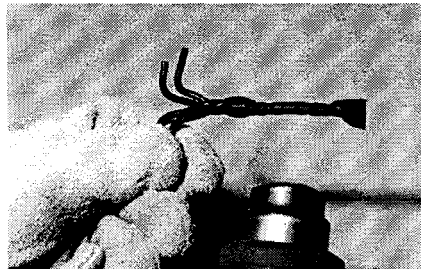


Figura 10.80

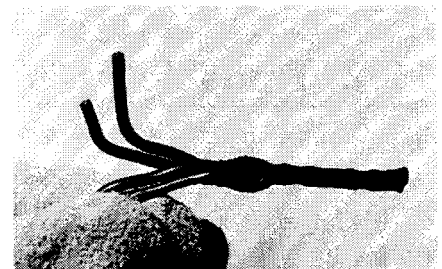


Figura 10.81

CASO 3 - Isolar com Isolante Líquido

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



Figura 10.82

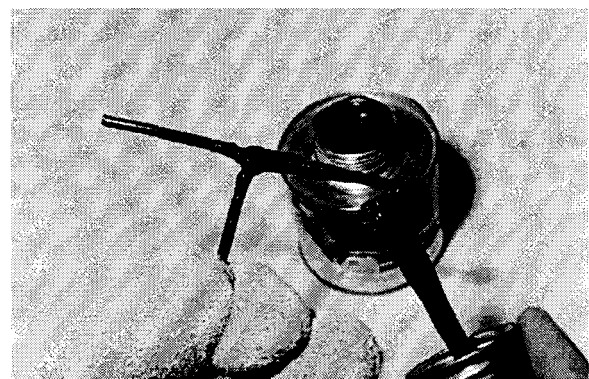


Figura 10.83

11

Eletródutos e Acessórios para Instalações Elétricas

- 11.1. Introdução
- 11.2. Tipos de Eletródutos
- 11.3. Acessórios para Eletródutos
- 11.4. Como Executar Roscas em Eletródutos Rígidos
- 11.5. Executar Curvas em Eletródutos Rígidos
- 11.6. Caixas de Derivação ou de Passagem
- 11.7. Redes de Eletródutos
- 11.8. Dimensionamento de Eletródutos
- 11.9. Instalação e Fixação de Interruptores, Tomadas e Aparelhos de Iluminação

11.1. Introdução

Os **eletródutos** são **tubos de metal** (magnéticos ou não magnéticos) ou de **PVC**, que podem ser ainda rígidos ou flexíveis. Em princípio, as funções gerais dos eletródutos são as seguintes:

- Proteção dos condutores contra ações mecânicas e contra corrosão; e
- Proteção do meio contra perigos de incêndio, resultantes do superaquecimento dos condutores ou de arcos.

11.2. Tipos de Eletróduto

Os eletródutos utilizados em instalações elétricas podem ser classificados em:

- Metálicos rígidos;
- PVC rígidos;
- Metálicos flexíveis; e
- PVC flexíveis.

11.2.1. Eletródutos Metálicos Rígidos

São tubos de aço, com ou sem costura no sentido longitudinal, e ainda pintados interna e externamente com esmalte de cor preta ou são galvanizados (**figura 11.1**). São fabricados com diferentes diâmetros e espessuras de parede. Os de parede delgada (grossa) denominam-se "**eletródutos pesados**" e os de parede fina, "**eletródutos leves**". Comercialmente são adquiridos em barras de três metros cujos extremos vêm roscados e podem ser providos de uma luva ou não.

Os eletródutos metálicos rígidos são especificados de acordo com sua bitola e variam de 1/2" até 6" conforme a **tabela 11.1**.

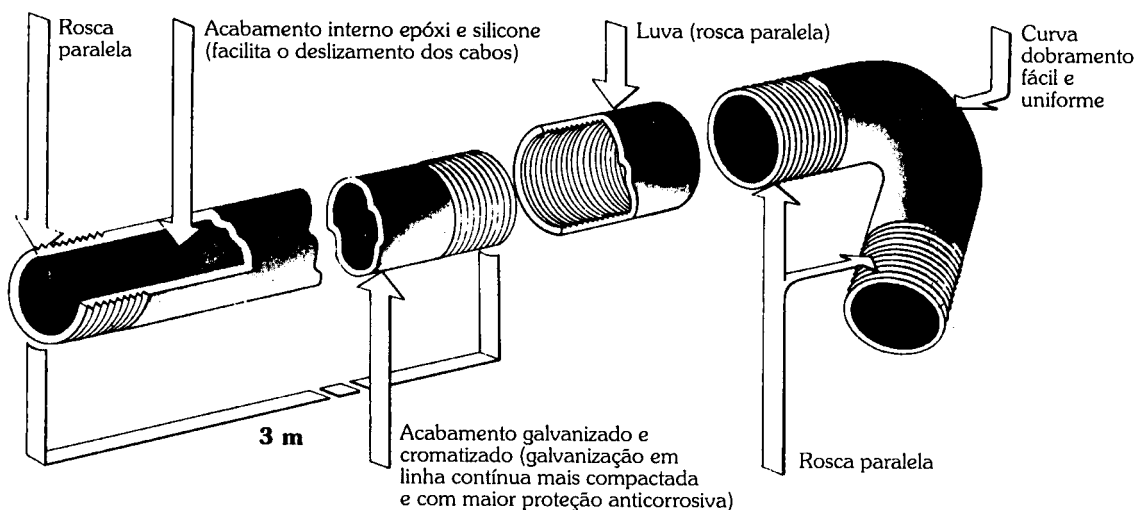


Figura 11.1 - Eletroduto metálico rígido galvanizado, do tipo leve e pesado. Cortesia Eluma S/A - divisão Brundy.

Atenção: Os eletrodutos metálicos não devem ser utilizados em ambientes com excessiva concentração de umidade ou produtos corrosivos. O eletroduto deve ser curvado a frio, pois o calor destrói a sua proteção de esmalte ou zinco, e pode oxidar-se.

11.2.2. Eletrodutos de PVC Rígidos

São fabricados com derivados de petróleo; são isolantes elétricos, não sofrem corrosão nem são atacados pelos ácidos. São também fabricados em barras de 3 metros, com roscas para serem emendados com luvas (**figura 11.2 A**), ou soldáveis, sendo um dos extremos com diâmetro expandido (bolsa) para introduzir outro eletroduto mediante pressão (ponta) e colado para melhorar a resistência mecânica (**figura 11.2 B**) (NBR 6150:1980, 3.2).

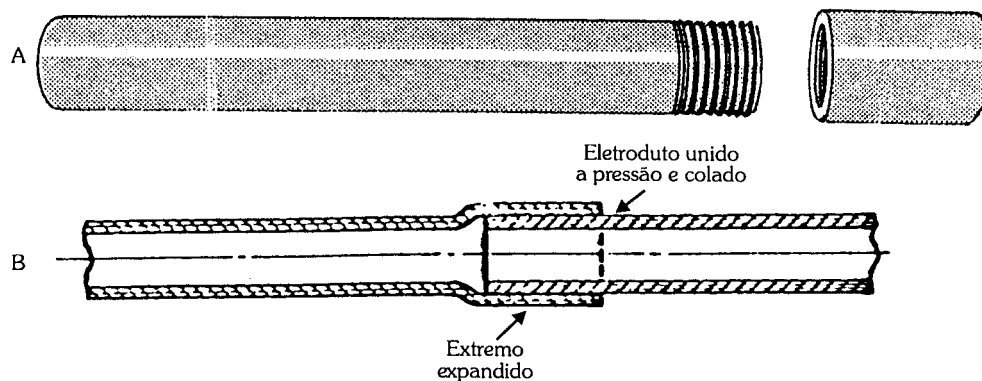


Figura 11.2 - Eletroduto de PVC rígido: A - com rosca e luva; B - com bolsa unidos sob pressão.

Nota: Os eletrodutos devem trazer marcado, de forma bem visível e indelével: **1.** Marca do fabricante. **2.** Diâmetro nominal. **3.** Classe: (conforme tabela 3 - Pressão mínima de ruptura), Classe A = 2,5 MPa e Classe B = 1,5 MPa. **4.** Os dizeres: "eletroduto de PVC rígido" (NBR 6150:1980, 3.5 e 4.2.1).

11.2.3. Eletrodutos Metálicos Flexíveis

O eletroduto é formado por uma cinta de aço galvanizado, enrolado em espirais meio sobrepostas e encaixadas de tal forma que o conjunto proporcione boa resistência mecânica e grande flexibilidade (**figura 11.3**).

Esses eletrodutos também são fabricados com um revestimento de PVC a fim de proporcionar maior resistência e durabilidade.

Adquirem-se comercialmente em metros ou em rolos de até 100 metros, especificando-se o diâmetro nominal de acordo com a necessidade.

São utilizados em instalações elétricas expostas e quando se instalam máquinas e motores elétricos, devido a vibrações (**figura 11.4**).

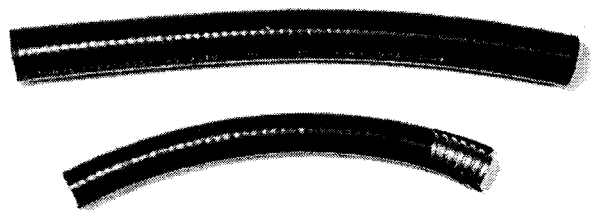


Figura 11.3 - Eletroduto flexível de aço com e sem capa de PVC.

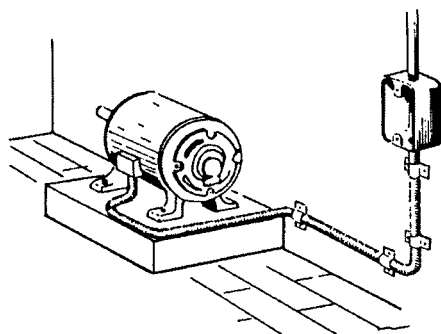


Figura 11.4 - Instalação de motor elétrico com eletroduto metálico flexível.

11.2.4. Eletrodutos de PVC Flexíveis

Os eletrodutos flexíveis corrugados são fabricados em PVC auto-extinguível. Devido à sua praticidade com elevada resistência diametral, são também resistentes a amassamento, mesmo quando instalados em lajes de concreto.

Podem ser aplicados em instalações elétricas residenciais, comerciais e industriais (**figura 11.5**).

Existem os eletrodutos de PVC flexíveis série leve, de **coloração amarela**, para instalações que exigem leve **esforço mecânico de até 320 N/5 cm** de compressão e podem ser utilizados em **paredes de tijolos e outros**. E os de série reforçada, de **coloração azul ou cinza**, para instalações que exigem **esforço mecânico médio de até 750 N/5 cm** e podem ser utilizados em **lajes e pisos**.

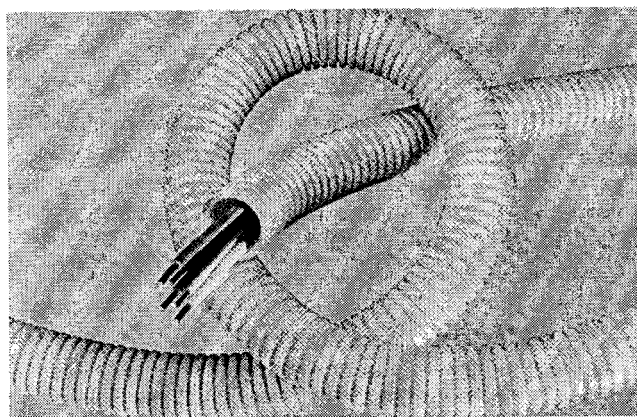


Figura 11.5 - Eletroduto de PVC flexível. Tigreflex. Cortesia: Tigre.

Atenção: Não é permitido "o uso, como eletroduto, de produtos que não sejam rigorosamente apresentados e comercializados como **eletroduto e ainda que não seja propagante de chama**. Esta proibição se refere também ao uso de produtos caracterizados pelos fabricantes como 'mangueiras'" (NBR 5410:2004, 6.2.11.1.1- nota e 6.2.11.1.2).

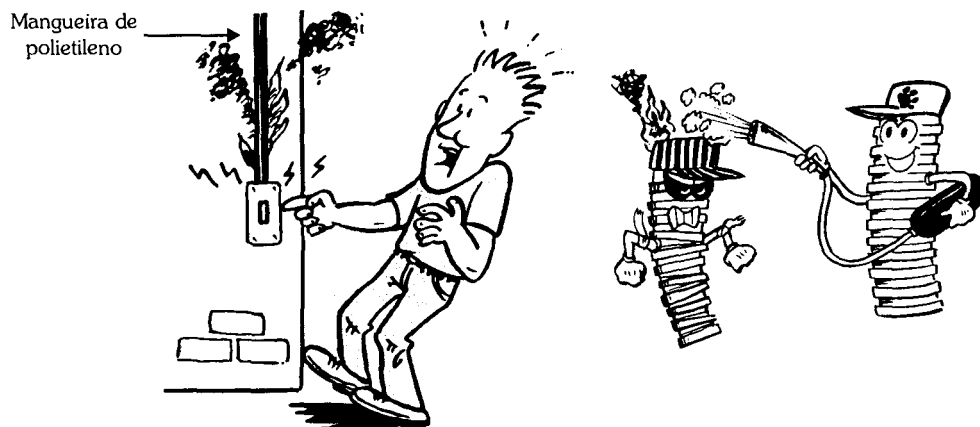
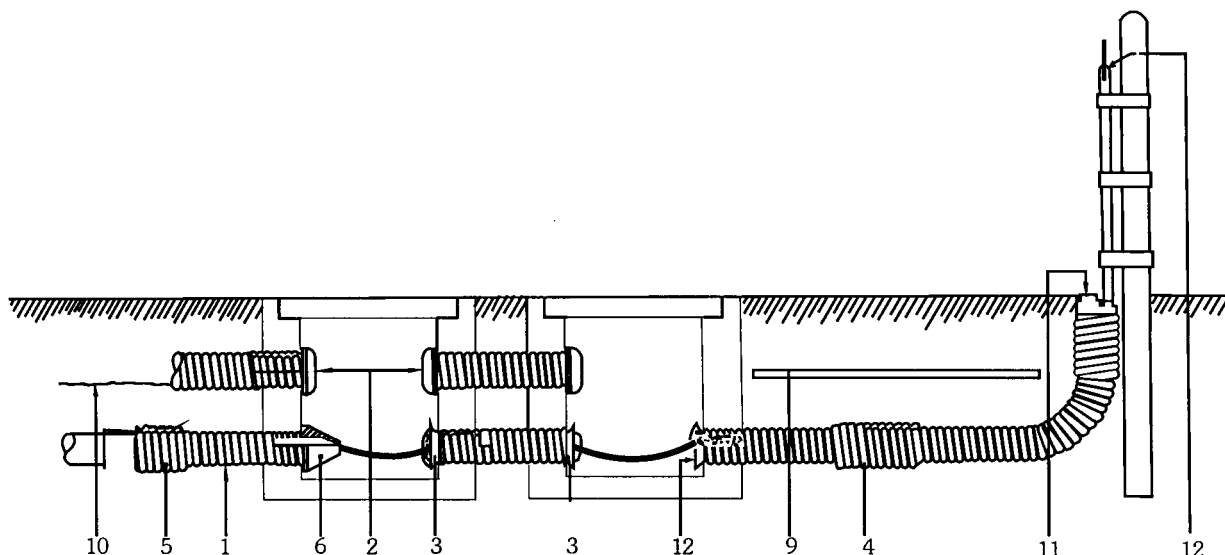
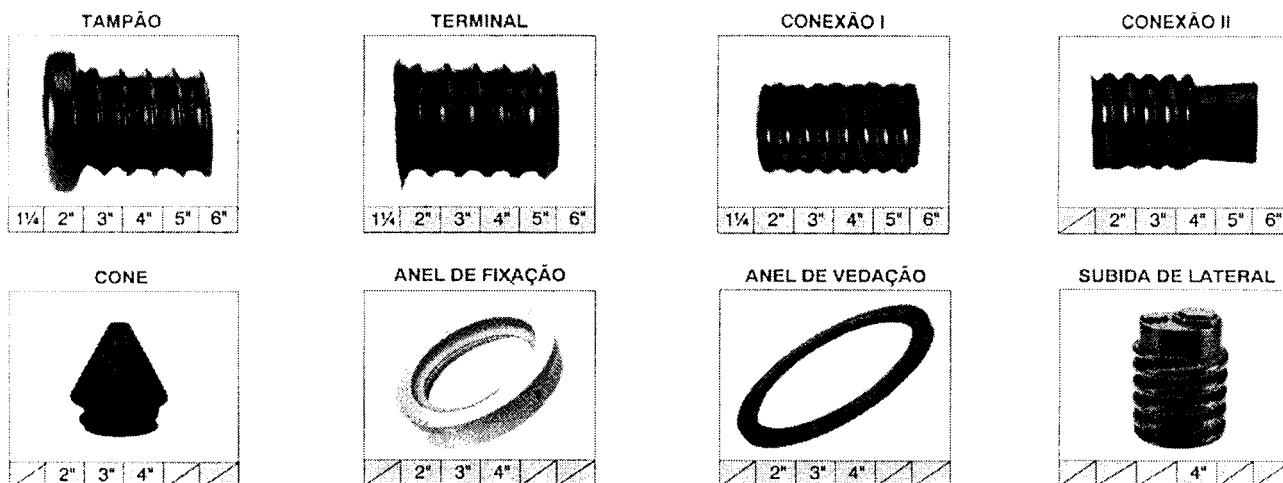


Figura 11.6 - Mangueira de polietileno. Material de qualidade duvidosa e que não contenha a marca de conformidade pode colocar em risco a sua instalação.

Os eletrodutos ou dutos para cabos subterrâneos (energia/telecomunicações), fabricados em **PEAD (Polietileno de Alta Densidade)** de última geração, corrugado e flexível, além de fácil utilização, reduzem os custos nas instalações de redes subterrâneas. Os eletrodutos flexíveis KANALEX-KL são disponíveis nos diâmetros de 30, 50, 75, 100, 125 e 150 mm, e trata-se de uma excelente opção para obras em Concessionárias de Energia Elétrica e Telecomunicações, indústrias, shopping centers, aeroportos, etc.

Concessionárias de Energia elétrica e Telecomunicações, podendo ser utilizados também em indústrias, shopping centers, aeroportos, etc.

Acessórios



Quadro-resumo do Kanalex-KL e seus acessórios.

Acessórios	Finalidade
1 Kanalex-KL	Duto para passagem de cabos
2 Tampão	Tampar dutos: transporte, instalação e reserva
3 Terminal	Acabamento do duto na parede da caixa
4 Conexão I	Conectar Kanalex-KL com Kanalex-KL
5 Conexão II	Conectar Kanalex-KL com dutos lisos
6 Cone	Acabamento na parede da caixa e/ou poste
7 Anel de fixação	Fixação em caixa metálica
8 Anel de vedação	Vedação duto/caixa metálica
9 Fita de aviso perigo	Proteção para futuras escavações
10 Arame guia	Puxamento primário da corda ou cabo
11 Subida de lateral	Tampar dutos quando da subida de poste
12 Massa de calafetação	Vedação contra líquidos

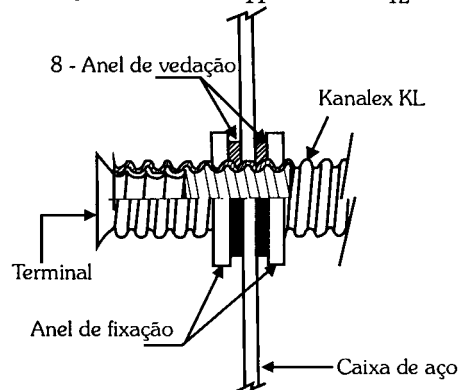
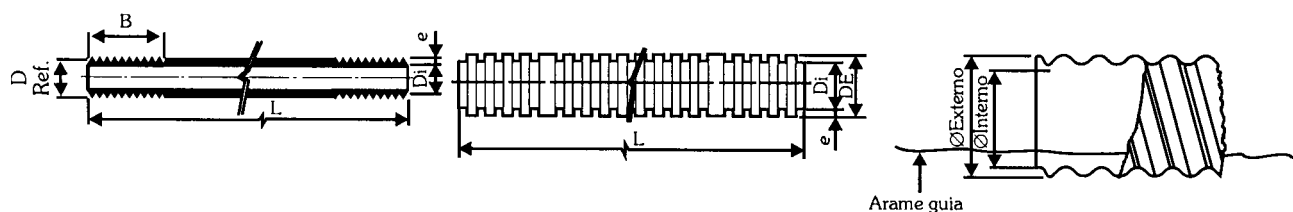


Figura 11.7 - Modelo de instalação e acessórios do Sistema Kanalex - KL.

Possui excelente raio de curvatura (oito vezes o diâmetro externo), além de ser fornecido com arame-guia de aço galvanizado e revestido em PVC.

Tabela 11.1 - Bitola de eletrodutos rígidos e flexíveis.



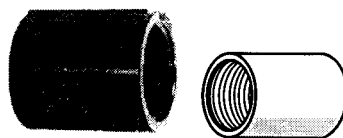
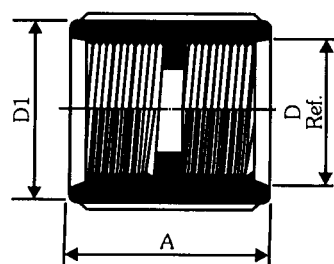
Bitola	Aço Carbono				PVC rígido				L (m)	PVC flexíveis				
	D (ref.)	Di (mm)	Dn (mm)	e(L) (mm)	e(P) (mm)	Di (mm)	Dn (mm)	e (mm)		S (mm ²)	Dn (mm)	DE (mm)	Di (mm)	L (m)
"3/8"	-	-	-	-	-	12,8	16	1,8	128,7	3,0	16*	16	11,7	50
"1/2"	15	-	1,25	1,50	16,4	20	2,2	211,2	3,0	20*	20	15,4	50	
"3/4"	21	27	1,25	1,50	21,3	25	2,3	356,3	3,0	25*	25	19,0	50	
"1"	27	33(34)	1,25	1,50	27,5	32	2,7	593,9	3,0	32*	32	24,0	25	
"1.¼"	35	42	1,50	2,00	36,1	40	2,9	1023,5	3,0	30**	41,3	31,0	500	
"1.½"	41	48	1,50	2,25	41,4	50	3,0	1346,1	3,0	-	-	-	-	
"2"	53	60	2,00	2,25	52,8	60	3,1	2189,6	3,0	50**	62,5	50,0	100	
"2.½"	62	73(76)	2,00	2,65	67,1	75	3,8	3536,2	3,0	-	-	-	-	
"3"	78	89	-	-	79,6	85	4,0	4976,4	3,0	75**	88,5	75,0	100	
"3.½"	90	102	-	-	-	-	-	-	3,0	-	-	-	-	
"4"	102	114	-	-	103,1	110	5,0	8348,5	3,0	100**	124,5	102,5	100	
"5"	128	-	-	-	-	-	-	-	3,0	125**	155,5	128,8	50	
"6"	154	-	-	-	-	-	-	-	3,0	150**	190,8	155,6	50	

Notas: 1. (L) - Leve; (P) = Pesado. 2. * Eletrodutos de PVC flexíveis Tigreflex. 3. **Eletrodutos de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) Kanalex-KL. 4. Os eletrodutos de PVC rígidos de 4" não são previstos pela Norma. 5. Os eletrodutos de PVC flexíveis não são previstos pela Norma. 6. A seção (S) é aproximada em função do diâmetro interno do eletroduto.

11.3. Acessórios para Eletrodutos

Os eletrodutos são interligados às caixas de passagem ou caixas de derivação. São também emendados, podem mudar de direção e fixados às caixas. Para isso são utilizados os seguintes acessórios:

- **Luvas:** acessórios com formato cilíndrico com rosca interna, usados para unir trechos de eletrodutos ou um eletroduto e uma curva.



D Ref.	A mm	D1 mm
3/8	25	21
1/2	34	27
3/4	37	33
1	44	40
1.¼	46	50
1.½	50	56
2	56	68
2.½	64	86
3	70	99
4	90	127

Figura 11.8 - Luva de PVC. Cortesia: Tigre.

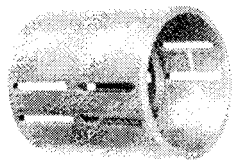
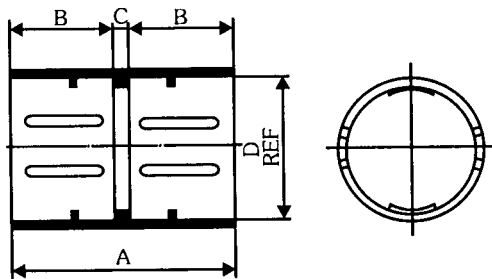


Figura 11.9 - Luva de pressão Tigreflex.

Bitola		Dimensões		
D Ref.	de mm	A mm	B mm	C mm
3/8	16	41	19,5	2
1/2	20	41	19,5	2
3/4	25	41	19,5	2
1	32	41	19,5	2



Figura 11.10 - Luva de alumínio de 1/2" a 3" e de ferro até 6".
Cortesia: Wetzel.

- **Buchas:** peças que se destinam a arremates ou melhorar o acabamento das extremidades dos eletrodutos rígidos, impedindo que, ao serem puxado os condutores, a isolamento seja danificada por eventuais rebarbas na ponta do eletroduto (figura 11.11).

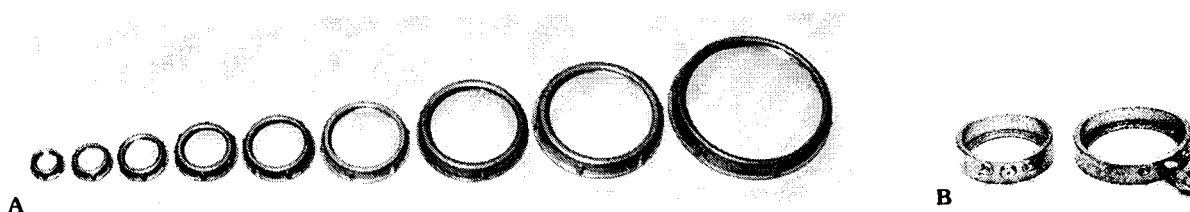


Figura 11.11 - A - Buchas de alumínio de 3/8" a 4", cortesia Wetzel. B - Bucha terminal sem e com aterramento para proteção de fios e cabos, para eletrodutos sem rosca. Cortesia: DAISA.

- **Arruelas:** também chamadas de **contrabuchas** ou **porcas**, possuem rosca interna e são colocadas externamente às caixas, servindo para contra-aperto com a bucha para fixação do eletroduto com a parede dela (figura 11.12).

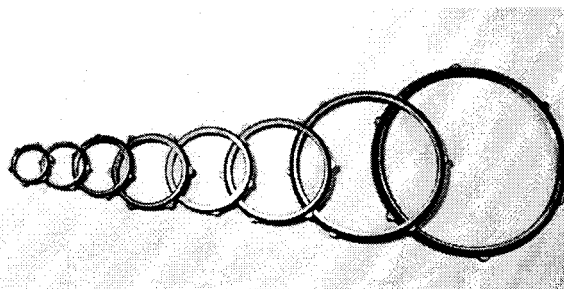
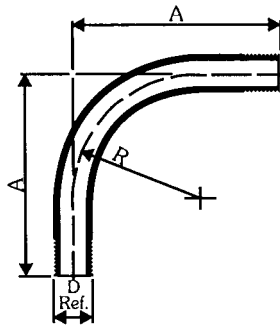
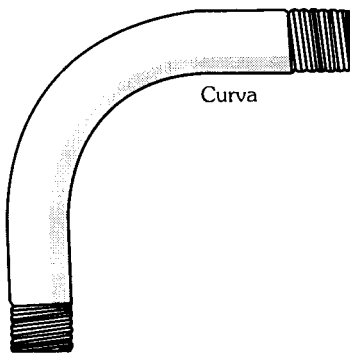
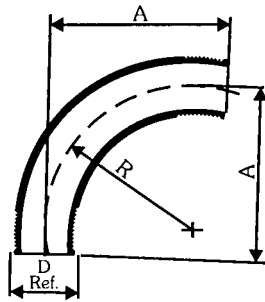
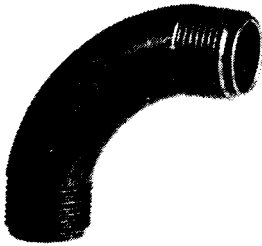


Figura 11.12 - Arruelas de alumínio e de 3/8" e 4". Cortesia: Wetzel.

- **Curvas:** acessórios necessários para efetuar mudanças de direção numa rede de eletrodutos. Podem ser encontradas no comércio com ângulos de 90°, 135° e 180° com rosca ou ponta e bolsa (**figuras 11.13 a 11.16**).

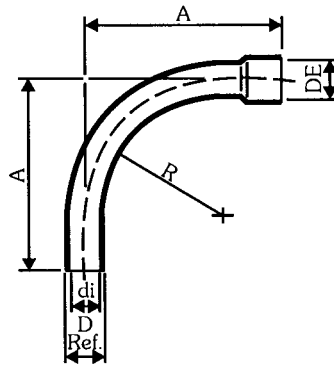
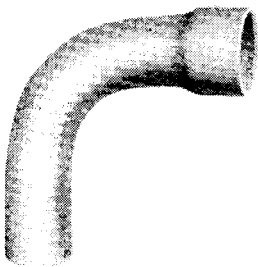


Bitola D Ref.	Dimensões	
	A mm	R mm
3/8	92	42
1/2	128	78
3/4	175	90
1	180	85
1.1/4	196	104
1.1/2	200	103
2	247	125
2.1/2	327	140
3	372	167
4	428	185



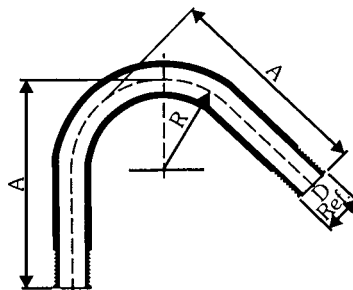
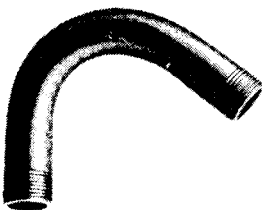
Bitola D Ref.	Dimensões	
	A mm	R mm
3/8	69,0	40
1/2	50,5	42
3/4	62,3	53
1	78,0	67
1.1/4	124,0	95
1.1/2	140,0	95
2	165,0	117

Figura 11.13 - Curvas (longa e curta) de PVC rígido 90° com respectivas bitolas e dimensões. Cortesia: Tigre.



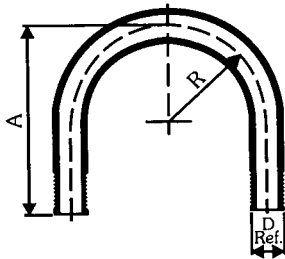
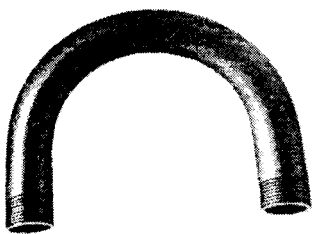
Bitola		Dimensões		
D Ref.	de mm	A mm	R mm	di mm
1/2	14	78	52	12
3/4	20	90	56	17
1	25	100	58	22
1.1/4	32	128	74	28
1.1/2	40	138	74	36
2	50	168	86	45

Figura 11.14 - Curva de PVC rígido 90° com ponta e bolsa. Cortesia: Tigre.



Bitola D Ref.	Dimensões	
	A mm	R mm
3/4	130	56
1	130	56
1.1/4	152	70
1.1/2	167	74

Figura 11.15 - Curva de PVC rígido 135° com rosca, para entrada de energia elétrica. Padrão Copel - cortesia: Tigre.



Bitola	Dimensões	
	A mm	R mm
1/2	112	67,5
3/4	128	72,0
1	132	82,5
1.1/4	140	91,0
1.1/2	148	94,0
2	172	103,5

Figura 11.16 - Curva de PVC rígido 180° com rosca. Cortesia: Tigre.

- **Braçadeiras:** acessórios destinados à fixação de eletrodutos rígidos ou flexíveis a paredes, tetos ou outros elementos estruturais (figura 11.17).

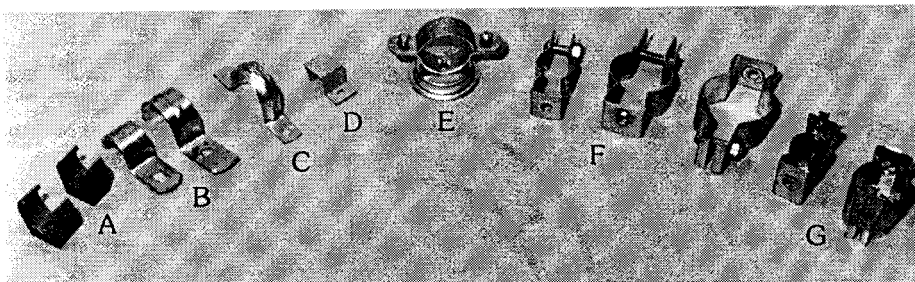


Figura 11.17 - Braçadeiras. A - De PVC para condutores; B - Do tipo unha; C - Dupla do tipo "U" com dois furos; D - Para perfilado de PVC; E - Do tipo caneca; F - "D" com parafusos; e G - Tipo "D" com trava.

- **Conectores ou adaptadores:** utilizados para adaptação de eletrodutos rígidos sem rosca, e eletrodutos flexíveis às caixas ou quadros. São construídos em duralumínio ou alumínio silício ou latão, os quais são fixados à caixa por meio de buchas e arruelas (figura 11.18).

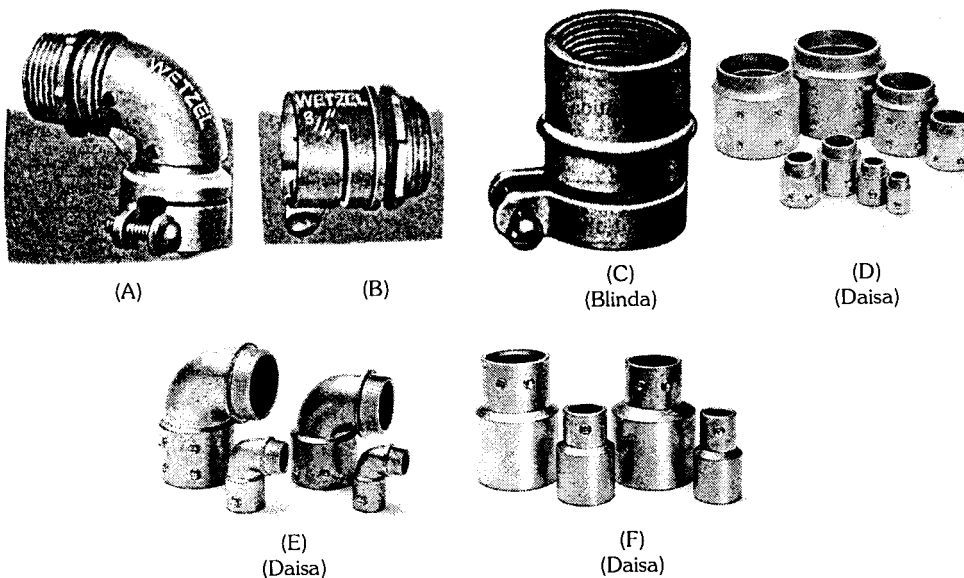


Figura 11.18 - A, B, D e E - Conectores de emendas com rosca e/ou parafuso empregados para entrada e saída de painéis, caixas de passagem, adaptáveis nos eletrodutos tradicionais e são utilizados em eletrodutos rígidos e flexíveis.
C - Conector de emenda com rosca e por parafuso;
F - Conector de redução usado nas saídas dos "daillets" ou dos eletrodutos.

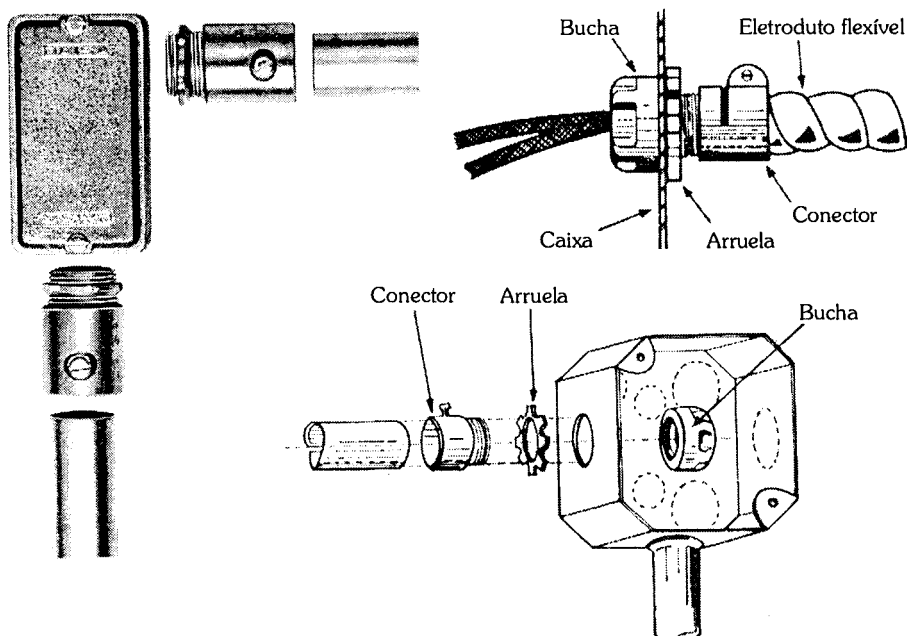


Figura 11.19 - Exemplo de utilização dos acessórios: buchas, arruelas e conectores.

11.4. Como Executar Roscas em Eletrodutos Rígidos

As roscas são importantíssimas em instalações elétricas, devido à necessidade constante de instalação de eletrodutos na interligação com caixas de passagem, para emendá-los entre si e com as curvas, a fim de montar uma rede de eletrodutos, cujo objetivo é permitir a passagem dos condutores (figura 11.20).

As roscas em eletrodutos possuem duas finalidades bem distintas, a saber:

1. Fixação à caixa de passagem e painéis por meio de buchas e arruelas, para impedir que o eletroduto se solte no ato da execução de trabalhos de alvenaria, ou na ocasião da passagem de condutores.
2. Emendar eletrodutos em prolongamento e às curvas.

No eletroduto corretamente roscado, a rosca não tem rebarba, o filete apresenta-se liso e bem uniforme.

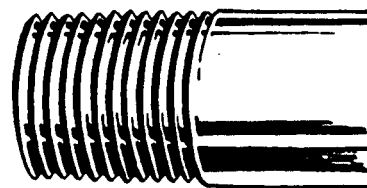


Figura 11.20

11.4.1. Etapas para Execução de Roscas

11.4.1.1. Cortar Eletroduto Rígido

1. Marcar o ponto onde se fará o corte.
2. Prender o eletroduto na morsa para tubos de tal forma que o ponto marcado fique aproximadamente 20 cm da morsa (figura 11.21).

Nota: O aperto não deve ser excessivo para não danificar o eletroduto.

3. Colocar lâmina de serra no arco, introduzindo os pinos nos furos da lâmina (figura 11.22).

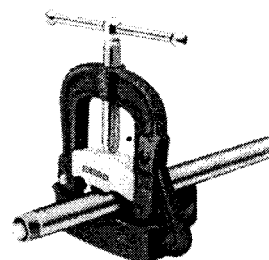


Figura 11.21

Nota: Escolha a lâmina de serra de acordo com o material e sua espessura.

4. Segurar o arco da serra na parte frontal, enquanto a mão direita segura o cabo do arco de serra, conforme a (figura 11.23).

Notas: 1. O pé esquerdo deve ficar ligeiramente para a frente na execução dessa operação. 2. Para os canhotos, proceder exatamente ao contrário do que foi citado.

5. Apoiar a serra sobre o eletroduto, no lugar onde se fará o corte, exercendo leve pressão, e iniciar o movimento para o corte.

Notas: 1. Segurar bem a serra e impedir oscilações, para não correr o risco de quebrar a lâmina. 2. Esses procedimentos podem ser usados tanto para eletrodutos metálicos ou PVC, rígidos ou flexíveis. 3. Para cortar eletrodutos metálicos rígidos pode ser usado o corta-tubos (figura 11.24).

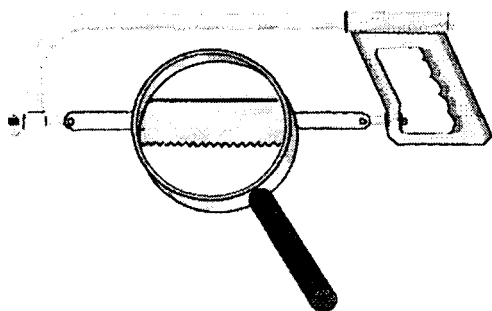


Figura 11.22

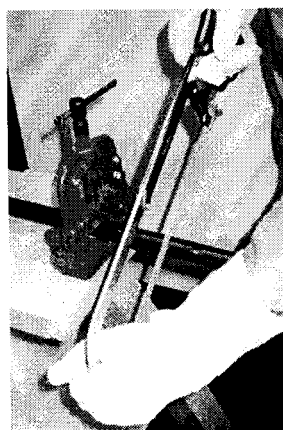


Figura 11.23

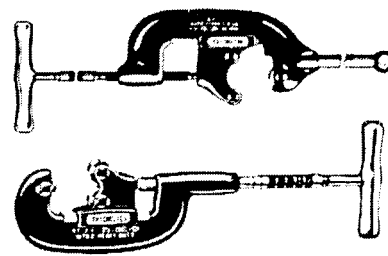


Figura 11.24

11.4.1.2. Escarear Eletrodutos Rígidos

Essa atividade tem por finalidade remover as rebarbas e os cantos vivos dos eletrodutos. Possui dois motivos fundamentais para a sua execução:

1. Deve-se escarear internamente para facilitar a passagem e não danificar a isolamento dos condutores.
2. É necessário escarear externamente para facilitar a entrada do cossinete a fim de efetuar roscas nos eletrodutos.

Os eletrodutos escareados apresentam o aspecto indicado na figura 11.25.

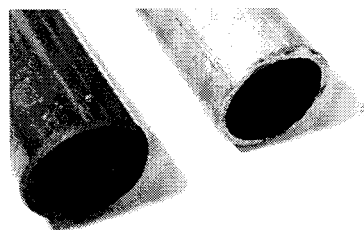


Figura 11.25

Notas: 1. Escarear eletrodutos rígidos metálicos ou de PVC pode ser feito com lima bastarda meia-cana. 2. Os eletrodutos de PVC podem ser escareados com uma lixa nº 60 ou 80.

11.4.1.3. Abrir Roscas Externas

Essa atividade é executada com o auxílio da tarraxa fabricada especialmente para fazer roscas em **tubos** ou **eletrodutos rígidos metálicos ou de PVC**. Com exceção da tarraxa universal, todos os outros modelos de tarraxa utilizam um jogo de cossinetes para cada diâmetro de tubo ou eletroduto a ser roscado.

11.4.1.3.1. Ordem de Operação para Execução de Roscas em Eletrodutos de PVC

Monte o Cossinete

1. Colocar o guia, pressionando-o de forma a ficar perfeitamente assentando no encosto do porta - cossinete, conforme a **figura 11.26**.

Nota: Guia branco para tubos de água e guia preto para eletrodutos.

2. Colocar o cossinete no porta-cossinete com o chanfro de entrada contra o guia, conforme a **figura 11.27**.
3. Efetuar o aperto dos parafusos com a mão, para centralizar o cossinete, na ordem indicada na **figura 11.28 A - B - C - D - E**.
4. Usar uma chave de fenda para dar um leve aperto no parafuso, de acordo com a **figura 11.29**.

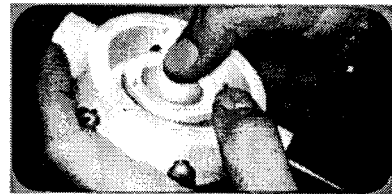


Figura 11.26

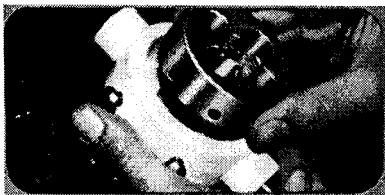


Figura 11.27



Figura 11.28

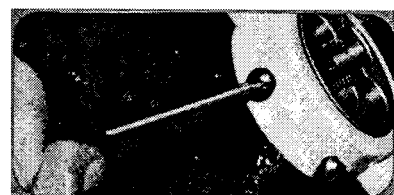


Figura 11.29

Instruções para Uso

1. Verificar se o corte do tubo ou eletroduto está perpendicular ao eixo (corte em esquadro), conforme a **figura 11.30**.
2. Fazer a limpeza da extremidade cortada do tubo a ser rosqueado, com o auxílio de uma lixa, lima ou escareador, **figura 11.31**.
3. Inicie a rosca fazendo pressão da tarraxa contra o tubo ou eletroduto. Dar algumas voltas à direita e à esquerda, a fim de remover as rebarbas dos sulcos, para que elas não prejudiquem a qualidade da rosca, **figura 11.32**.

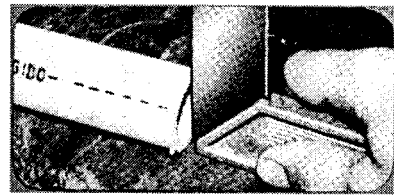


Figura 11.30

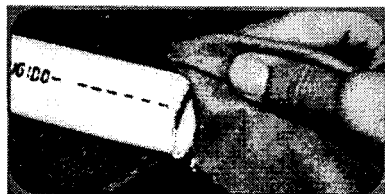


Figura 11.31

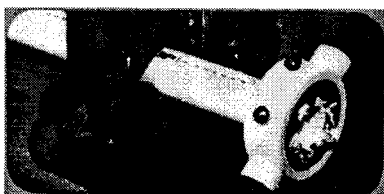


Figura 11.32

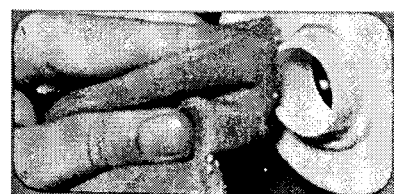


Figura 11.33

Fonte: Catálogo Tigre.

Nota: Não use graxas ou óleos.

Atenção: No fim da operação, desmontar a tarraxa, limpar os cossinetes e porta - cossinetes e guardar o conjunto (figura 11.33)

Observação: Para fazer roscas em tubos ou eletrodutos rígidos metálicos: a) usar tarraxa simples de cossinete ajustável ou tarraxa universal; b) colocar algumas gotas de óleo à medida que for sendo feita a rosca.

11.5. Executar Curvas em Eletrodutos Rígidos

Trata-se de uma operação muito importante na execução de uma instalação elétrica, que consiste em **curvar tubos ou eletrodutos** rígidos metálicos ou de PVC, para adaptá-los ao traçado da instalação previamente projetada.

É executada quando há necessidade de contornar pilares, vigas, uma superfície com uma curvatura eventual, interligações de eletroduto no teto com eletroduto na parede, e parede e piso, etc., ou por falta de uma curva pré-fabricada.

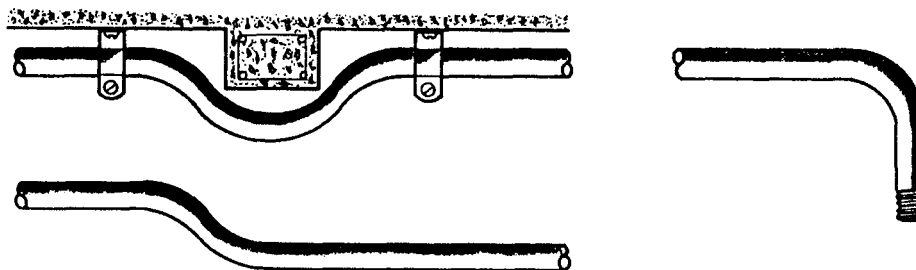


Figura 11.34 - Modelos de curvas em eletrodutos rígidos.

11.5.1. Curvas em Eletroduto de PVC Rígido

Processo de Execução

1. Determine o local do tubo ou eletroduto que deve ser curvado, e marque-o com dois traços usando um instrumento marcador qualquer (riscador, lápis de cera, giz, etc.), **figura 11.35**.
2. Curve o eletroduto.

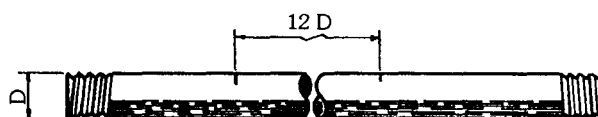


Figura 11.35

2.1. Aqueça proporcionalmente o local a ser curvado, girando e movendo o eletroduto em ambos os sentidos, sobre uma fonte de calor suave, obtida por meio de um maçarico, soprador térmico ou outra fonte de calor qualquer, para que amoleça o PVC, conforme as **figuras 11.36, 11.37 e 11.38**.

Atenção: Tome cuidado para não se queimar. Use luvas. Ao usar o maçarico, faça com que a chama esteja o mais longe possível do botijão ou liquinho (reservatório de gás).

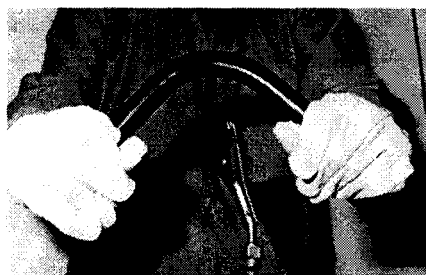


Figura 11.36

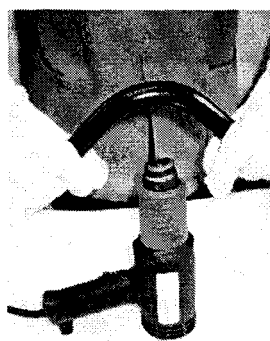


Figura 11.37

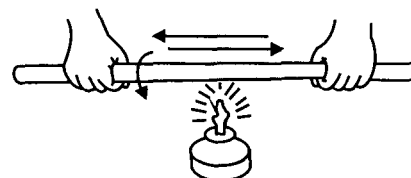


Figura 11.38

Atenção: Ao aquecer, tome todo o cuidado para não danificar a película brilhante que reveste o eletroduto e não amoleça demasiadamente o PVC.

Observação: É recomendável a introdução de areia (para pedaços de até 1,0 m) no eletroduto, ou uma mola de arame de aço, **figuras 11.39 e 11.40**.

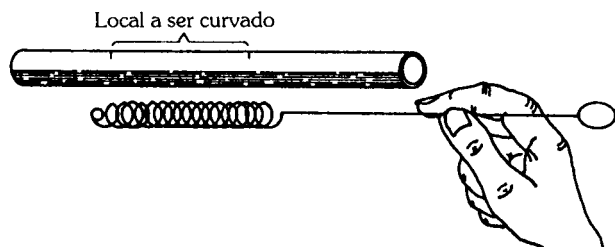


Figura 11.39

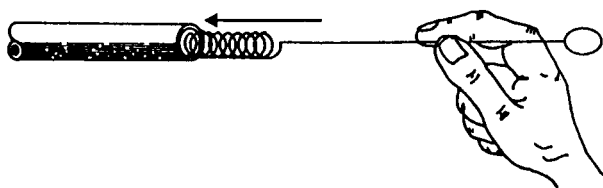


Figura 11.40

2.2. Comece a curvar o eletroduto assim que o material estiver suficientemente mole.

Nota: Apenas molde a curva sem forçá-la.

2.3. Continue curvando o eletroduto até obter a forma desejada.

Atenção: Tome cuidado para não provocar estrangulamento da seção do eletroduto (**figura 11.41**).

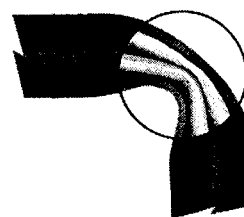


Figura 11.41

3. Esfrie imediatamente o local curvado, submergindo-o em água fria.

11.5.2. Curvas em Eletroduto Rígido Metálico

Processo de Execução

1. Determine o local do tubo ou eletroduto que deve ser curvado, e marque-o com dois traços usando um instrumento marcador qualquer (riscador, lápis de cera, giz, etc.), conforme a **figura 11.42**.
2. Selecione o "dobra-tubos" de acordo com o diâmetro do eletroduto a ser curvado, colocando-o no trecho a curvar, **figura 11.42**.

Nota: O tubo ou eletroduto pode ser curvado utilizando os recursos mencionados no item 3.4.39, do capítulo 3 sobre ferramentas.

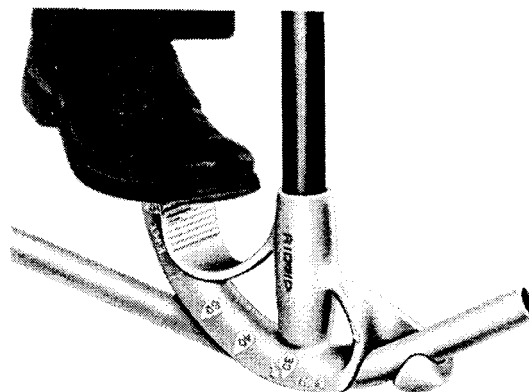


Figura 11.42 - Dobra-tubos. Cortesia Ridgid.

3. Curve o eletroduto.

3.1. Coloque eletroduto no chão pisando sobre ele e segurando o "dobra-tubos" com as mãos, de acordo com a **figura 11.43**.

3.2. Puxe o cabo do "dobra-tubos" lentamente até formar o ângulo desejado, **figura 11.44**.



Figura 11.43

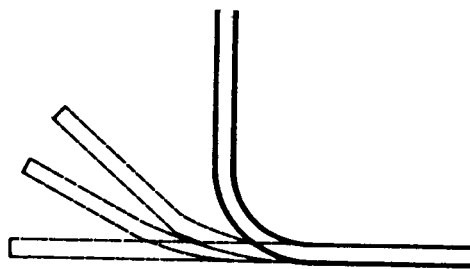


Figura 11.44

Nota: Compare a curva com o gabarito, posicionando-a no local onde será instalada.

11.5.3. Considerações Gerais sobre Curvas e Roscas em Eletrodutos Rígidos

1. Não devem ser empregadas curvas maiores que 90° (veja o item 11.8.3).

Nota: No caso de entrada de energia, deve ser respeitada a Norma da Concessionária local, que pode permitir curvas de 135° ou 180° .

2. O raio da curva varia para cada diâmetro de eletroduto (item 11.3 - figuras 11.13 a 11.16), e deve ser de no mínimo dez vezes o diâmetro externo do eletroduto.
3. Não curvar eletrodutos metálicos a quente, pois danifica a camada que protege contra oxidação.
4. Ao efetuar curvas, pelos procedimentos mencionados em 11.5, deve-se cuidar para que não ocorra deformação nem redução das dimensões internas do eletroduto (6.1.11.1.8).
5. Evite deformar o diâmetro ao curvar o eletroduto.
6. Os eletrodutos só devem ser cortados perpendicularmente a seu eixo (6.2.11.1.14).
7. Não deixe rebarbas internas no eletroduto, que possam danificar a isolamento dos condutores (6.2.11.1.14).
8. Não deixe rebarbas internas no eletroduto.
9. Não deixe os eletrodutos metálicos sem proteção. Lembre-se de que a chuva pode iniciar a ferrugem.
10. Não deixe desprotegida a rosca dos eletrodutos metálicos. Lembre-se de que o ato de roscar retira a cobertura galvânica ou a pintura de esmalte.
11. Não utilize eletrodutos cujas roscas apresentam marcas de impacto. Refaça a rosca se for o caso.
12. Não utilize conexões (luvas) cujos fios de rosca estejam enferrujados.
13. Ao fazer roscas em eletrodutos metálicos, use óleos especiais para lubrificação.
14. Não usar joelhos ou curvas para tubulação de água em redes de eletrodutos.

11.6. Caixas de Derivação ou de Passagem

As caixas de derivação ou de passagem são tão importantes quanto necessárias na execução de instalações elétricas, portanto são indispensáveis e podem ter diversas aplicações. Conforme as finalidades a que se destinam, devem ser empregadas caixas para:

1. Facilitar a enfição dos condutores, devido a grandes distâncias;
2. Pontos de entrada e saída de condutores, exceto na passagem de condutores de linha aberta para eletroduto, cuja extremidade deve ser protegida com bucha (6.2.11.1.9a);
3. Pontos de emenda e derivação de condutores (6.2.11.1.9b) e (6.2.11.1.11);

4. Pontos de luz no teto ou na parede (arandela);
5. Instalação de interruptores, tomadas de corrente pulsadores (botão de campainha) e congêneres em parede devem ser fechadas pelos espelhos que completam a instalação desses dispositivos;
6. Dividir a tubulação em trechos não maiores do que os especificados anteriormente;
7. Pontos de telefones em paredes;
8. Tomadas e pontos de telefone no piso;
9. Instalação de interfone ou porteiro eletrônico;
10. Sonorização;
11. Sistema de alarme;
12. Pontos de antena de TV e TV a cabo;
13. Ponto para rede de computadores.

As caixas devem ser colocadas em locais de fácil acesso e providas de suas respectivas tampas (6.2.11.1.10). Quanto à forma de colocação ou instalação, podem ser:

- de embutir; e
- aparentes ou de sobrepor.

11.6.1. Caixas de Embutir

As **caixas de embutir** usadas em instalações elétricas podem ser de PVC ou de chapa de aço nº 16 ou 18. Quanto às de chapa de aço, usar preferencialmente as **estampadas (figura 11.45)**, que podem ser zincadas a fogo, esmaltadas ou galvanizadas. As caixas usadas para instalação no piso devem ser de alumínio injetado ou estampado com tampas de latão removíveis e reguláveis e podem ser simples, duplas ou triplas. As caixas usadas como ponto de iluminação, quando colocadas em laje, devem ser **octogonais com fundo móvel**.

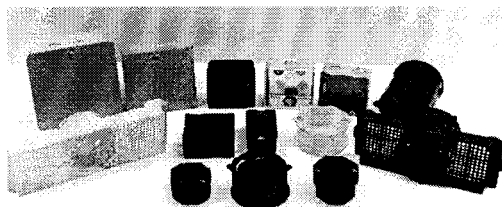


Figura 11.45 - Tipos de caixas de derivação utilizadas em instalações embutidas.

Todos os tipos de caixas devem possuir "**orelhas**" ou "**abas**" com furos para fixação de interruptores, pulsadores, tomadas, luminárias, arandelas, lustres, espelhos cegos, tampas, etc., conforme a necessidade. As caixas **octogonais** devem conter pelo menos **quatro orelhas (ou quatro abas)**, sendo duas dobradas para o lado de fora, que servem para fixação da caixa no assoalho antes da concretagem, e duas dobradas para o lado de dentro, as quais servirão para fixação de luminárias, lustres, etc. No caso de fixação de aparelhos excessivamente pesados, como, por exemplo, luminárias fluorescentes, lustres, etc., usar outras formas de fixação além das "orelhas" das caixas, como, por exemplo, parafuso e bucha de náilon.

11.6.1.1. Espelhos, Placas ou Tampas

Após concluídos os trabalhos de acabamento da obra, por motivos estéticos e principalmente por questões de segurança dos usuários, colocam-se sobre as caixas os **espelhos, placas ou tampas**, que podem ser de PVC, baquelite, alumínio ou bronze, permitindo a atuação sobre interruptores, tomadas, pulsadores, etc., conforme disposição e tipos mostrados nas **figuras 11.46 e 11.47**.

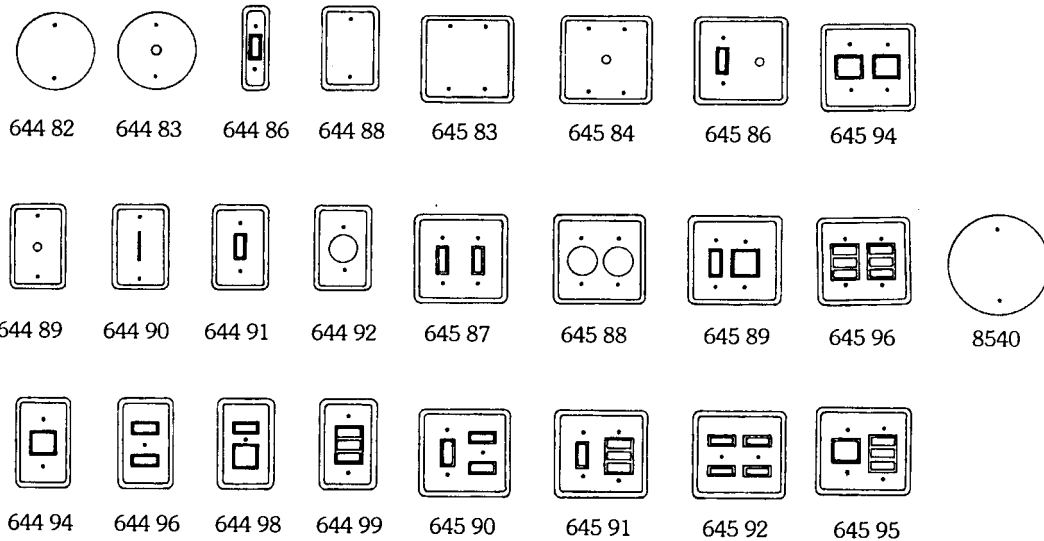
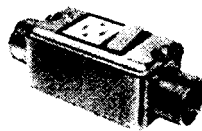


Figura 11.46 - Espelhos para caixas de embutir da linha Classic. Cortesia: Pial-Legrand.



	Tampa cega		1 Tom. 3 P Pino chato 20A-500V		1 Tom. 3 P + T Pino chato 30A-400V		2 Tom. 3 P Pino chato 20A-250V
	1 Int. Simples 10A-250V		1 Tom. 3 P Pino chato 25A-500V		2 Tom. 2 P Pino redondo 10A-250V		2 Tom. 3 P Pino chato 25A-500V
	1 Int. Paralelo 10A-250V		1 Tom. Universal 2 P + T 20A-500V		1 Int. Simples + 1 Tom. Universal 2 P 10A-250V		2 Tom. 3 P + T Pino Redondo 15A-380V
	1 Campainha 2A-250V		2 Tom. 2 P Pino redondo 10A-250V		1 Int. Paralelo + 1 Tom. Universal 2 P 10A-250V		2 Tom. 3 P + T Pino Redondo 30A-380V
	2 Int. Simples 10A-250V		1 Int. Simples + 1 Tom. Universal 2 P 10A-250V		1 Campainha + 1 Tom. Universal 2 P 10A-250V		1 Tom. Telefone Pino "Jack"
	2 Int. Paralelos 10A-250V		1 Int. Paralelo + 1 Tom. Universal 2 P 10A-250V		2 Int. Simples + 1 Tom. 2 P Pino Redondo 10A-250V		1 Tom. Telefone 4P
	1 Int. Simples + 1 Int. Paralelo 10A-250V		1 Campainha + 1 Tom. Universal 2 P 10A-250V		2 Tom. Universal 2 P 10A-250V		2 Tom. Telefone 4P
	1 Int. Simples + 1 Campainha 10A-250V		2 Int. Simples + 1 Tom. Universal 2 P 10A-250V		2 Tom. 2P Pino Redondo 15A-380V		1 Botão Liga VD
	1 Int. Paralelo + 1 Campainha 10A-250V		2 Tom. Universal 2 P 10A-250V		2 Tom. 2 P Pino Redondo 30A-380V		1 Botão Desliga VM
	1 Tom. Universal 2P 10A-250V		1 Tom. Telefone 4 P		2 Tom. 2 P + T Pino Chato 15A-125V		1 Botão Liga-Desliga VD + VM
	3 Int. Simples 10A-250V		2 Tom. Telefone 4 P		2 Tom. 2 P + T Pino Chato 20A-125V		1 Botão Liga VD + 1 Sinaleiro VM
	3 Int. Paralelos 10A-250V		1 Tom. 2 P + T Pino redondo 15A-380V		2 Tom. 2 P + T Pino Chato 20A-125V		1 Botão Desliga VM + 1 Sinaleiro VD

	2 Int. Simples + 1 Int. Paralelo 10A-250V		1 Tom. 2 P + T Pino redondo 30A-380V		2 Tom. 2 P + T Pino Redondo 15A-250V		1 Botão Liga-Desliga + 1 Sinaleiro VM
	1 Int. Simples + 2 Int. Paralelos 10A-250V		1 Tom. universal 2 P + T Pino redondo 25A-250V		2 Tom. 2 P + T Pino Redondo 15A-250V		1 Sinaleiro VM
	2 Int. Simples + 1 Campainha 10A-250V		1 Tom. 3 P Pino chato 20A-250V		2 Tom. Universal 2 P + T 25A-250V		1 Sinaleiro VM
	1 Int. Bipolar Simples 20A-250V		1 Tom. 3 P Pino chato 25A-500V				2 Sinais VM + VD
	1 Int. Bipolar Paralelo 20A-250V		1 Tom. 3 P + T Pino redondo 15A-380V				
	1 Int. Intermediário 10A-250V		1 Tom. 3 P + T Pino redondo 30A-380V				

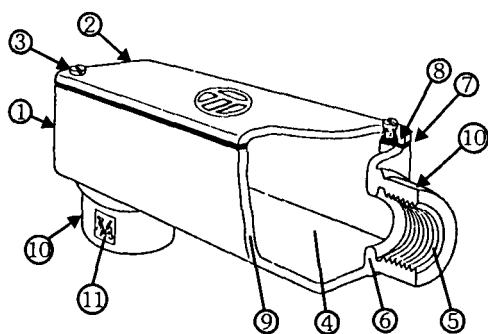
Figura 11.47 - Tampas intercambiáveis para condutes/Conduletzel. Cortesia: Wetzel.

Tabela 11.2 - Tipos de Caixa, Dimensões, Finalidade e Número de Condutores.

Tipos de Caixa	Dimensões (cm)	Finalidade	Número Máximo de Condutores			
			1,5	2,5	4,0	6,0
Retangular	10 x 5 x 5	Interruptores, tomada, pulsadores	9	6	4	-
Quadrada	10 x 10 x 5	Interruptores, tomadas e ligações	11	9	7	5
Quadrada	10 x 10 x 10	Passagem (ligações)	11	9	7	5
Quadrada	15 x 15 x 10	Passagem (ligações)	20	16	12	10
Octogonal	10 x 10 x 5	Ponto de luz no teto, ligações	11	11	9	5
Octogonal	10 x 10 x 10	Ponto de luz no teto, ligações	11	11	9	5
Sextavada	7,5 x 7,5 x 5	Arandelas, ligações	6	6	4	3

11.6.2. Caixas Aparentes

As caixas para instalação aparente, também denominadas **condutes**, são largamente usadas em instalações industriais, comerciais, depósitos, oficinas, etc. Essas caixas podem ser de alumínio injetado ou de PVC. A **figura 11.48** mostra as características técnicas desse tipo de caixa.



1. Corpo de liga de alumínio de alta resistência à corrosão.
2. Tampa estampada de alumínio.
3. Parafusos imperdíveis, de aço cadmiado (ou de aço inoxidável, a pedido).
4. Interior amplo, sem irregularidades.
5. Entradas rosqueadas calibradas, assegurando ótima ligação mecânica, para continuação do circuito terra.
6. Encosto arredondado para proteção do isolamento dos fios.
7. Junta de borracha ou especial.
8. Face usinada, para assento perfeito da tampa e junta.
9. Parede reforçada, para ampla resistência mecânica.
10. Pescoço rosqueado mais longo.
11. Identificação da bitola estampada no corpo.
 - Tampas intercambiáveis, de ampla variedade, para tomadas, interruptores, etc.
 - Tamanhos acima de 2" com fixação da tampa por meio de 4 parafusos.
 - Roscas padrão tipo Whitworth (rosca comum tipo gás).
 - Revestimento plástico para ambientes excepcionais.

Figura 11.48 - Características técnicas das caixas de passagem do tipo condutele.

Existe uma enorme variedade de modelos, que permite diversas possibilidades de instalação e, nesse caso, é sempre conveniente consultar o catálogo do fabricante, que pode apresentar sugestões quanto a outras opções na execução da instalação. A seguir são mostrados alguns tipos de caixa que podem ser encontrados nas lojas do ramo.

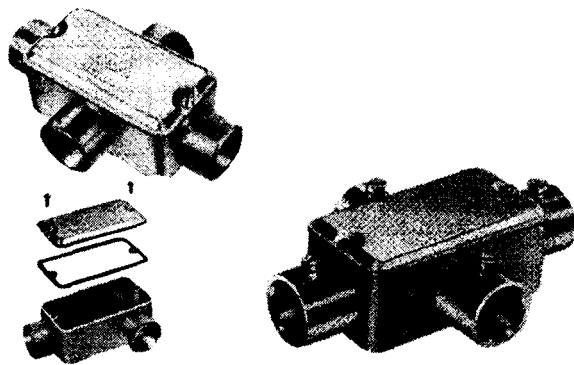


Figura 11.49 - Caixas do tipo casteletes. Cortesia: Wetzel.

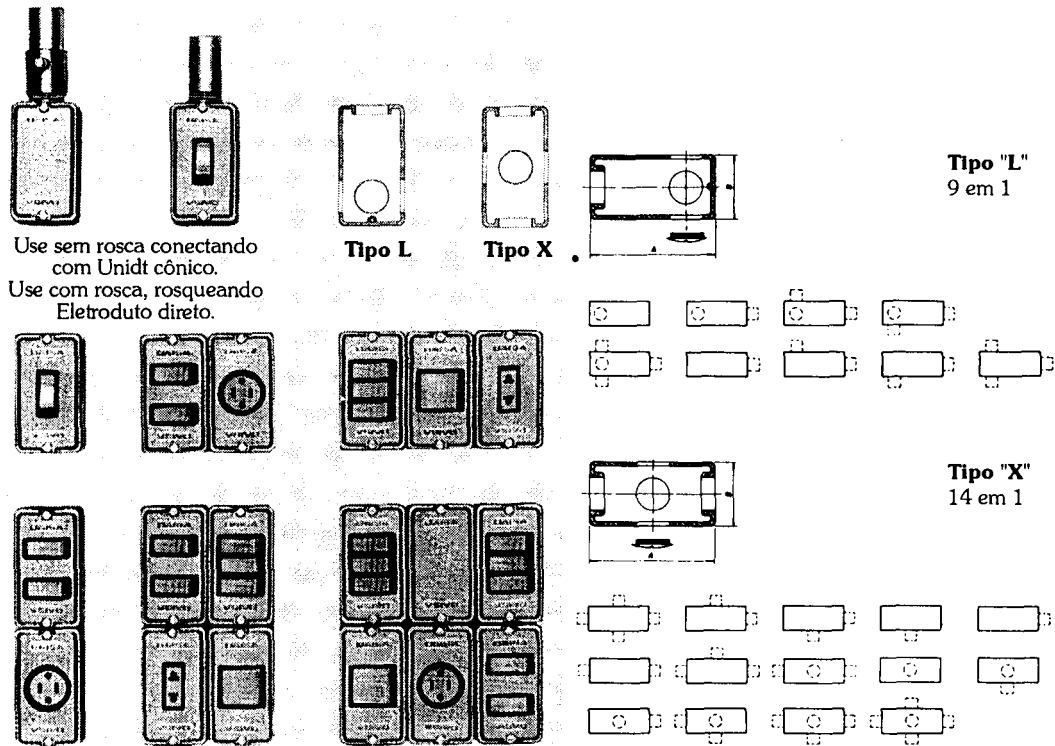


Figura 11.50 - Caixas Daillets para eletrodutos de 1/2" a 2". Cortesia: DAISA.

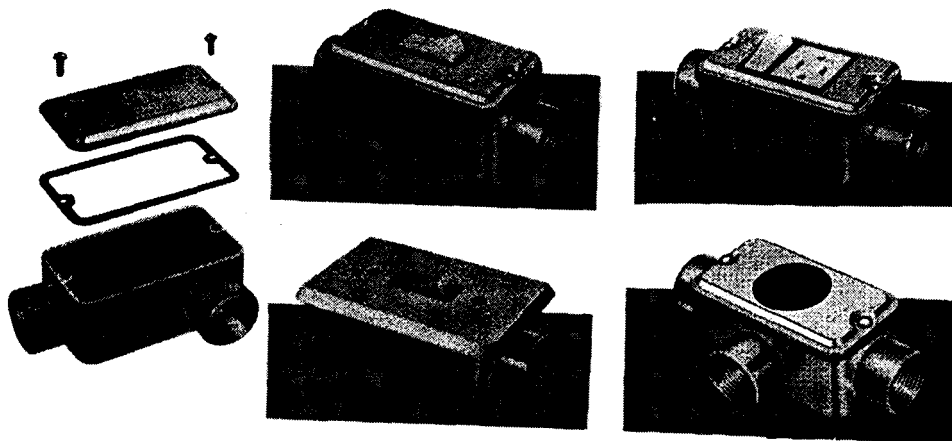


Figura 11.51 - Conduletes com acessórios são fabricados nos seguintes modelos: B-C-E-LB-LL-LR-T-TA-TB-X-XA, para eletrodutos de 1/2" a 4". Cortesia: Wetzel.

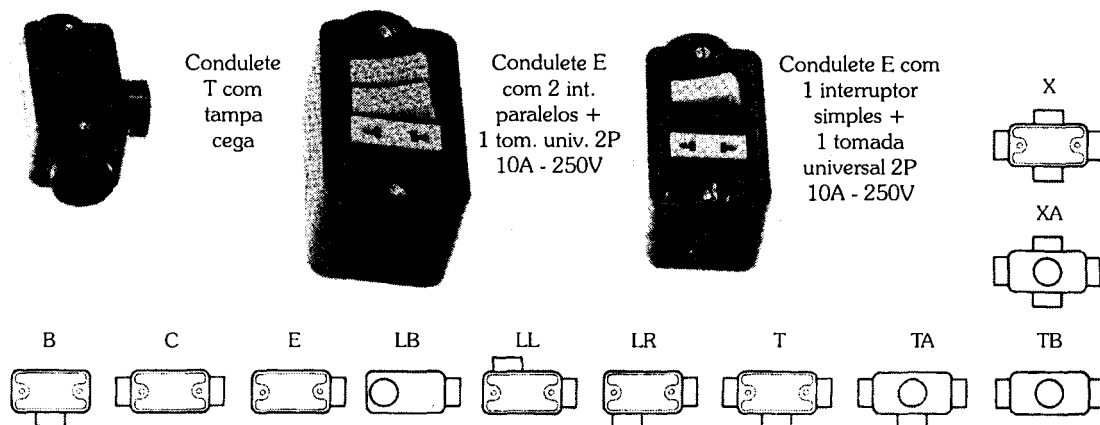


Figura 11.52 - Conduletes de PVC com acessórios para eletrodutos de 1/2" a 1". Cortesia: Tigre.

11.6.3. Considerações Gerais sobre Caixas de Derivação ou de Passagem

1. Ao adquirir uma caixa de passagem de embutir, verifique: as dimensões, as furações nas "orelhas" e de preferência que seja de chapa injetada (não contenha pontos de solda), as octogonais, se possuem orelhas para fixação na forma antes da concretagem.
2. Todas as caixas de passagem no **teto** devem ser **octogonais de fundo móvel**.
3. Todas as caixas de passagem instaladas em locais não sujeitos à umidade podem ser de ferro, com pintura anticorrosiva, galvanizada ou zincada, de dimensões adequadas às necessidades.
4. Todas as caixas de passagem instaladas em locais sujeitos à umidade, tais como pisos e semelhantes, devem ser à prova de umidade (PVC, alumínio, etc.), de dimensões adequadas às necessidades.
5. As caixas de passagem instaladas ao longo de instalações subterrâneas podem ser de alvenaria com tampa de concreto e se for necessário, sobre tampa lacrável de dimensões adequadas às necessidades.
6. Por motivo de estética, em instalações internas deve-se evitar o uso de caixas de passagem, sem que nesta seja alojado um equipamento.
7. Todas as caixas de passagem situadas em locais de fácil acesso devem ter meios que impeçam que pessoas inabilitadas tenham acesso a elas.
8. Devem ser usados no máximo **seis lados** da **caixa de passagem octogonal** (102x102x51 mm - 4"x4"x2" ou 102x102x102 - 4"x4"x4").
9. Nas arandelas de banheiro, utilizar caixa de passagem sextavada 7,5x7,5x5 cm (3"x3"x2").

11.7. Redes de Eletrodutos

Essa operação consiste, basicamente, em unir eletrodutos às caixas de passagem ou de derivação, fixando-os no local predeterminado. O traçado da instalação deve obedecer a um projeto elaborado por um profissional. Deve-se prever criteriosamente que os condutores e equipamentos não se limitem ao sistema de luz e força. Considerar também que os condutores e equipamentos devem ser previstos, no mínimo, para os seguintes sistemas:

- elétrico, para fornecimento de luz e força;
- de comunicação interna, por interfonos, porteiros eletrônicos, etc.;
- de comunicação externa (telefones);
- de alarmes, para segurança das pessoas e do patrimônio;
- de sonorização de ambientes;
- de recepção de sinais de rádio, TV ou TV a cabo; e
- de lógica, para rede de computadores.

Ao elaborar o projeto, é imprescindível que se obedeça ao que determina a **ABNT - NBR 5410:2004**, às especificações dos fabricantes e às **necessidades do cliente**. A rede de eletrodutos, bem como seus acessórios, representa um custo relativamente baixo, por isso, mesmo que não tenha utilização imediata, pode trazer grandes benefícios no momento da instalação de equipamentos novos, evitando quebra de parede, prática às vezes impossível após concluída a obra.

A **figura 11.54** mostra a disposição de redes de eletrodutos de alguns dos sistemas mencionados anteriormente. A execução de uma rede de eletrodutos pode ser embutida ou aparente.

Em instalações comerciais, escritórios, oficinas de manutenção de equipamentos eletrônicos, residências ou em outros locais onde há a necessidade de instalação aparente, podem ser utilizadas **molduras (perfis) de PVC**.

11.7.1. Instalação de Eletrodutos Embutidos

São assim chamados por serem embutidos na parede, laje ou piso, sendo a forma mais utilizada em instalações elétricas prediais e residenciais.

A seguir são apresentados os procedimentos que devem ser tomados para a execução de uma rede de eletrodutos embutidos.

Nota: Veja no capítulo 15 (item 15.5 - Recomendações importantes) a orientação para o traçado de eletrodutos.

11.7.1.1. Seqüência para a Montagem de uma Rede de Eletrodutos Embutidos

A - Marcar Pontos de Descida na Parede

A.1 - Posição dos Interruptores

Os interruptores devem ser instalados próximos das portas, ou seja, do lado oposto ao seu sentido de abertura.

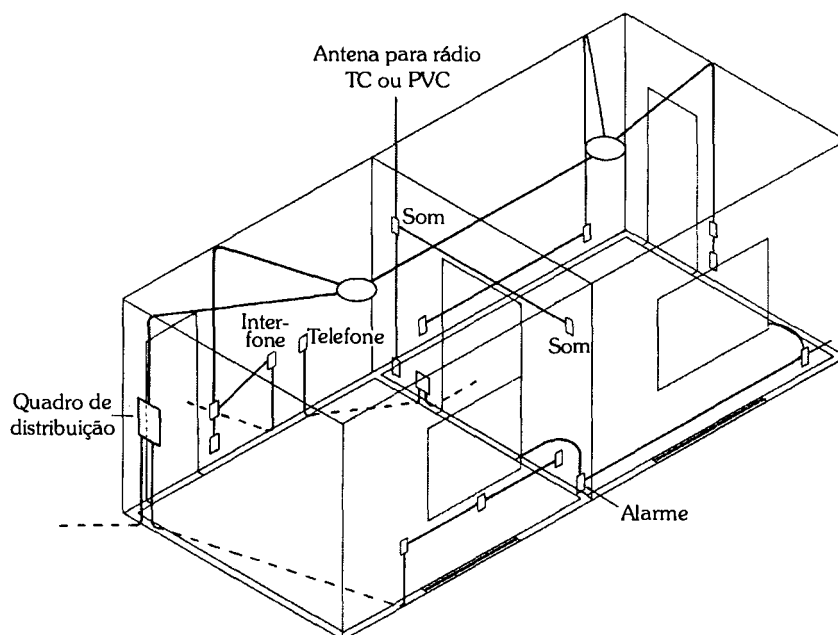


Figura 11.53 - Processo de execução.

1. Marcar a posição com relação ao centro da caixa, conforme a **figura 11.54**.

Nota: A altura (A) do centro da caixa, em relação ao piso, deve ser de 1,30 m. A distância (B) entre o centro da caixa e a coluna da porta não deve ser superior a 0,30 m.

2. Riscar o local para colocar a caixa, conforme a **figura 11.55**.

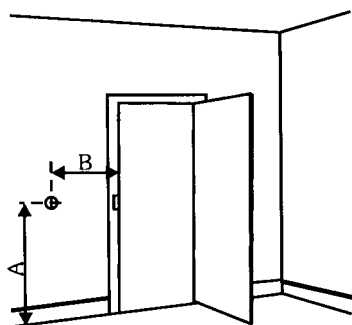


Figura 11.54

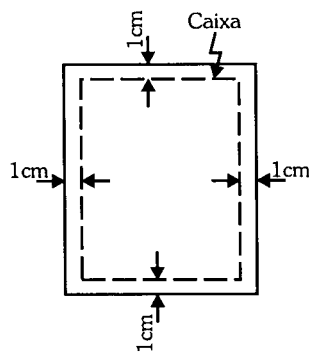


Figura 11.55

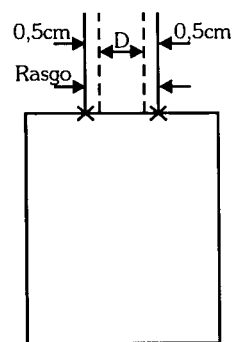


Figura 11.56

Nota: Deixar um espaço livre de aproximadamente 1,0 cm em volta da caixa após a sua colocação.

3. Marcar os pontos para riscar a posição de descida do eletroduto.

Nota: Caso a construção seja com laje mista ou pré-moldada, o ponto de descida do eletroduto já está praticamente definido (**figura 11.69**).

4. Traçar uma linha com auxílio de uma régua de maneira que coincida com as marcas efetuadas no item 3, **figura 11.57**.

Nota: Na **figura 11.58**, vemos a marcação onde será efetuado o rasgo para eletroduto e caixa para o interruptor.

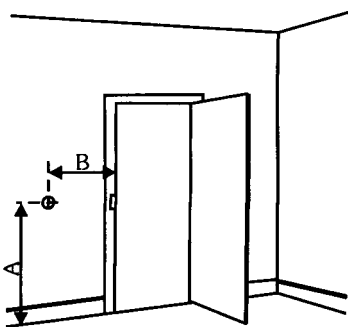


Figura 11.57

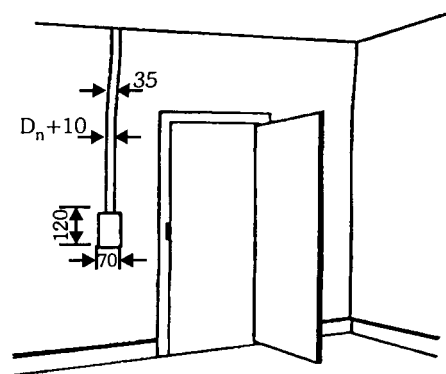


Figura 11.58

5. Abrir rasgo para o eletroduto e para a caixa, com auxílio de talhadeira e martelo ou marreta, conforme a **figura 11.59**.

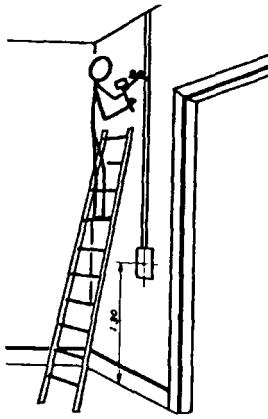


Figura 11.59

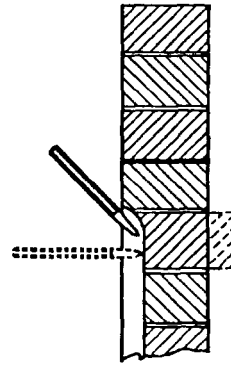


Figura 11.60

Notas: 1. Observe que o rasgo seja 10 mm maior que o diâmetro do eletroduto. Assim, o rasgo para um eletroduto de PVC de $\frac{3}{4}$ " (25 mm de Dn) deve ter 35 mm de profundidade e 35 mm de largura. 2. A talhadeira deve ser colocada em ângulo de 45° , com relação à parede, ao abrir o rasgo, **figura 11.60**.

Atenção: Deve-se trabalhar com a talhadeira num plano inferior ao dos olhos para evitar acidentes. Usar **luvas, máscaras** para evitar inalar o pó e **óculos de segurança**.

A.2 - Posição das Tomadas

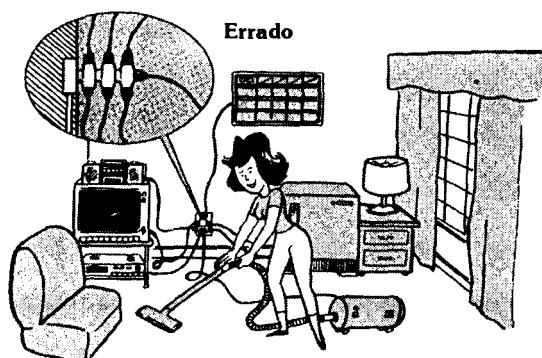
As tomadas, de um modo geral, são instaladas em locais que atendam às necessidades dos usuários, que sejam em número suficiente (veja página 212, capítulo 8 - Recomendações da NBR 5410:2004) e de fácil acesso, que se evitem usar meios que tornem a instalação um perigo (**figura 11.61**) para o patrimônio e principalmente para as pessoas que usam os benefícios da eletricidade.

As tomadas podem ser instaladas:

- Tomada baixa 0,30 m
- Tomada a meia altura 1,30 m
- Tomada alta (chuveiro, iluminação de emergência, etc.) 2,00 a 2,20 m

Nota: As medidas citadas referem-se à altura do piso acabado.

O processo de execução para o posicionamento das tomadas segue os mesmos princípios adotadas para o posicionamento dos interruptores.



Nota: Para uma instalação mais segura coloque duas ou mais tomadas no mesmo ponto.

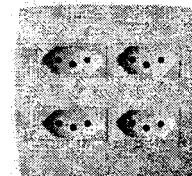


Figura 11.61 - Prever o número suficiente de tomadas para evitar "gambiarras".
Fonte: Desenho extraído do catálogo Tigre.

A.3 - Posição do Ponto de Luz no Forro ou Laje

A.3.1 - Em forros de madeira ou PVC

A marcação da posição dos pontos de luz no forro, seja de madeira ou de PVC, é feita indiretamente, ou seja, traçam-se as posições no chão, transferindo-as para o forro com o auxílio de um prumo.

Processo de Execução: (para grandes ambientes)

1. Medir o comprimento e a largura do ambiente, marcando, no rodapé, as subdivisões desejadas, conforme a **figura 11.62**.
2. Revestir com pó de gesso ou giz um cordel ou barbante e esticá-lo entre dois pontos correspondentes (marcados no item 1), prendendo-o com dois fixadores ou por duas pessoas, **figura 11.63**.

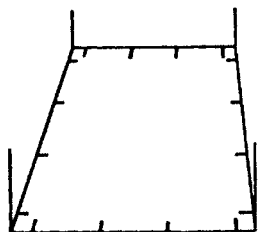


Figura 11.62

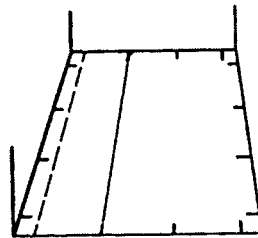


Figura 11.63

3. Tracionar o cordel pela parte central e soltá-lo, fazendo com que, ao bater no chão, deixe uma linha visível.
4. Repetir a operação para todos os pontos marcados no item 1, **figura 11.64**.
5. Reforçar com giz os pontos de interseção das linhas, **figura 11.65**.

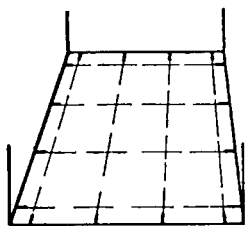


Figura 11.64

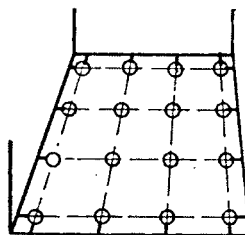


Figura 11.65

6. Transportar para o forro os pontos marcados com giz com o auxílio de um fio de prumo, **figura 11.66**.

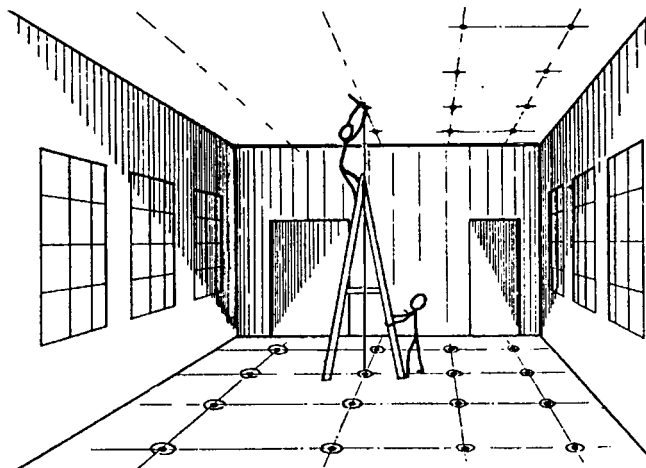


Figura 11.66

Processo de Execução (para Pequenos Ambientes)

Em ambientes pequenos, o número de pontos de luz limita-se a um ou dois. O procedimento para a marcação dos pontos é igual ao visto anteriormente e procede-se conforme as **figuras 11.67 e 11.68**. A transferência do ponto marcado no chão para o forro se faz também com o auxílio do prumo.

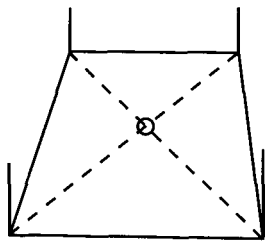


Figura 11.67

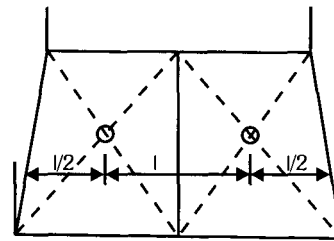


Figura 11.68

A.3.2 - Em laje mista ou pré-moldada.

Quando se tratar de casa de alvenaria, com laje mista ou pré-moldada, a marcação dos pontos de luz deve ser feita na parte superior, ou seja, diretamente no assoalho, se for laje mista ou de concreto armado, ou removendo um dos tijolos se for laje pré-moldada (**figura 11.69**).

Após a colocação da ferragem na laje pelos armadores, ou a colocação das vigas e tijolos nas lajes pré-moldadas, a primeira coisa a ser feita é marcar com precisão a posição da(s) caixa(s), usando para isso os procedimentos vistos anteriormente, em seguida fixar as **caixas octogonais fundo móvel**, pregando-as pelas "orelhas" externas no assoalho ou forma (taipal) com a boca voltada para baixo, retirar o fundo para poder, posteriormente, fixar as pontas dos eletrodutos nos orifícios.

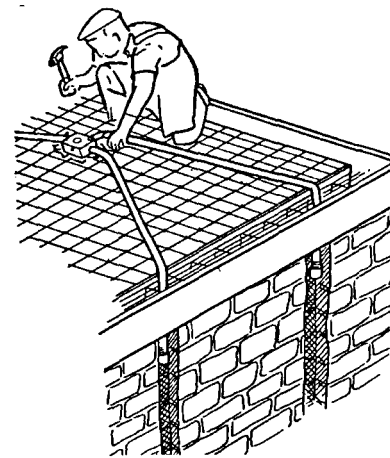


Figura 11.69

Notas: **1.** As linhas de eletrodutos embutidas em concreto armado devem ser dispostas de tal maneira que não ocorra a sua deformação durante a concretagem (NBR 5410:2004, 6.2.11.1.12). **2.** Em instalações embutidas os eletrodutos devem suportar os esforços de deformação característicos da técnica construtiva utilizada (6.2.11.1.3). **3.** "Em qualquer situação, os eletrodutos devem suportar as solicitações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas a que forem submetidos nas condições da instalação" (6.2.11.1.4).

A.4 - Posição das Arandelas

As arandelas são pontos de luz nas paredes. Deve-se prever a instalação de arandelas nos seguintes locais:

- banheiros;
- hall;
- áreas externas;
- garagens; etc.

Em ambientes como banheiros, na iluminação do espelho, deve-se cuidar para que o fecho de luz não venha de cima para baixo, pois devido à pequena distância a que nos colocamos diante do espelho, provoca áreas de sombra (olhos, nariz, queixo) prejudicando a visão. Por isso, **os pontos de luz** para o espelho, do banheiro ou de outros locais, devem ser um em cada lado com relação ao centro do espelho, a fim de oferecer a melhor uniformidade possível para iluminação do rosto, como indica a **figura 11.70**.

Em outros locais, são geralmente instalados a uma altura de 1,90 a 2,10 m do piso acabado, de acordo com as **figuras 11.71 e 11.72**.

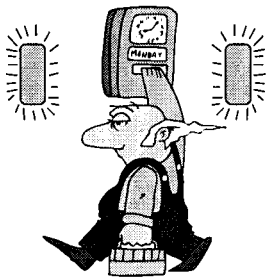


Figura 11.70



Figura 11.71



Figura 11.72

B - Instalação de Eletrodutos em Lajes e Paredes

Após a fixação das **caixas octogonais** no assoalho da laje, já é possível colocar os eletrodutos até os pontos de descida, ou subida quando for o caso. Para facilitar a instalação da rede de eletrodutos, proceda conforme em seguida:

Processo de execução (Eletrodutos na laje)

1. Curvar ou colocar curvas prontas, deixando uma ponta do eletroduto, já roscado e preferencialmente com luva, pelo menos 0,50 m para baixo da laje, conforme as **figuras 11.73 e 11.74**.

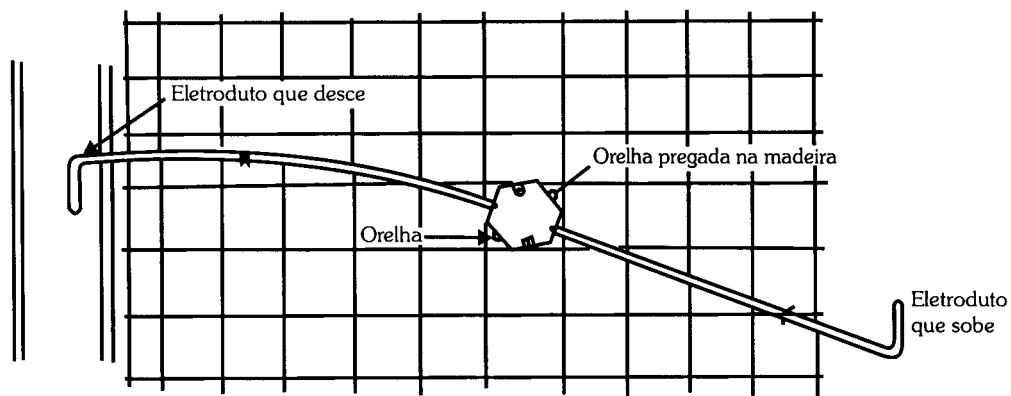


Figura 11.73 - Detalhe que mostra caixa octogonal com fundo móvel fixada no assoalho (taipal) e eletrodutos de descida e subida.

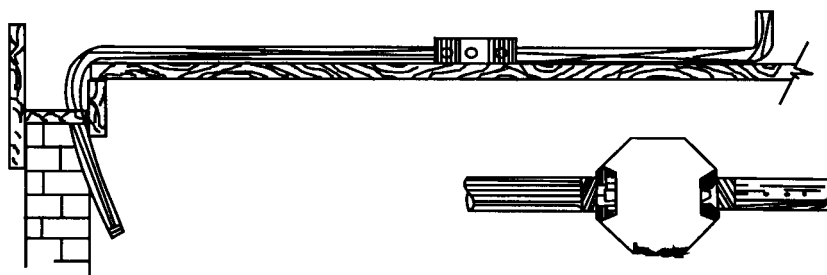


Figura 11.74 - Corte conforme a figura anterior.

2. Emendar, se necessário for, eletrodutos fixando-os nos orifícios das caixas octogonais, apertando bem as buchas e as arruelas (contrabuchas ou porcas). Amarrar os eletrodutos nas ferragens ou nas vigas se a laje for do tipo premoldada (NBR 5410:2004, 6.2.11.1.13).

Notas: 1. Para atarraxar as curvas prontas nos eletrodutos ou para emendá-los, proceda conforme a **figura 11.75**. 2. A junção das duas pontas deve ficar perfeita, sem rebarbas, para facilitar a passagem dos condutores sem danificá-los, conforme a **figura 11.76**. Caso o eletroduto seja de PVC, a união das pontas deve ser feita com **cuidado** para não danificá-lo na hora do aperto final. 3. "Nas juntas de dilatação, os eletrodutos rígidos devem ser seccionados, o que pode exigir certas medidas compensatórias, como, por exemplo, o uso de luvas flexíveis ou cordoalhas destinadas a garantir a continuidade elétrica de um eletroduto metálico" (NBR 5410:2004, 6.2.11.1.15). 4. "Quando for necessário, os eletrodutos rígidos isolantes devem ser providos de juntas de expansão para compensar as variações térmicas" (NBR 5410:2004, 6.2.11.1.16).

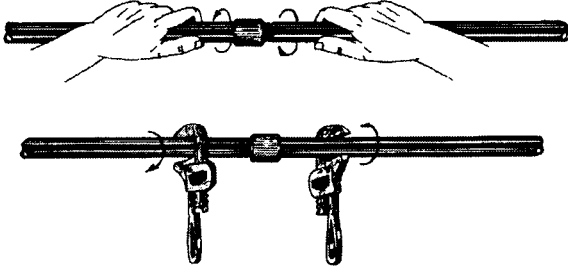


Figura 11.75



Figura 11.76

3. Repetir os processos de execução 1 e 2 para cada um dos pontos de luz na laje, de todas as dependências.

Nota: Após a instalação dos eletrodutos de descida, ou subida, faça uma conferência detalhada com o projeto elétrico, para evitar esquecimentos, pois após a concretagem da laje, nada mais poderá ser feito, a não ser encontrar outras soluções para remediar o problema.

4. Encher as caixas octogonais com serragem, jornal ou saco de cimento molhados, comprimindo-os bem, e recolocar o fundo nas caixas, como indica a **figura 11.77** (NBR 5410:2004, 6.2.11.1.12).

Atenção: As pontas dos eletrodutos na descida, ou subida, que serão emendados posteriormente, devem ser fechadas com uma rolha, ou com outros meios adequados e as roscas protegidas com fita isolante, ou por uma luva de emenda.

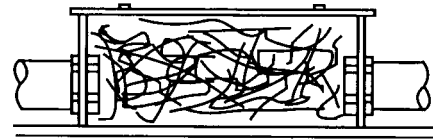


Figura 11.77

Processo de Execução (Eletrodutos na Parede)

5. Completar a rede de eletrodutos, colocando-os nos rasgos efetuados nas paredes, prendendo-os com pregos ou cunhas de madeira (**figura 11.78**) e às respectivas caixas por meio de buchas e arruelas (contrabuchas ou porcas), como na **figura 11.79**.

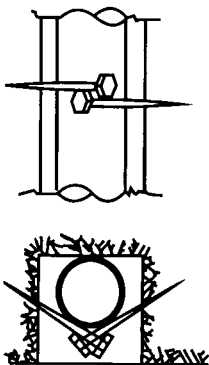


Figura 11.78

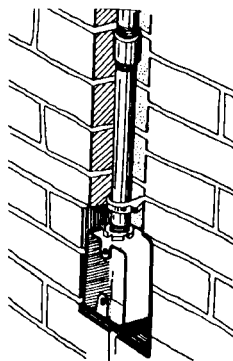


Figura 11.79

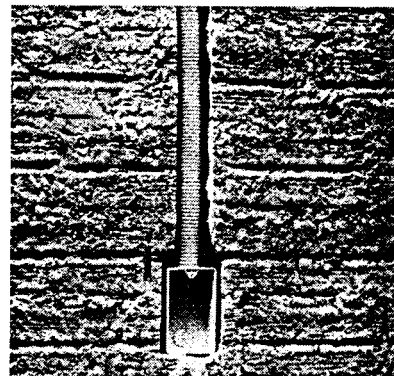


Figura 11.80

Nota: Caso sejam utilizados pregos, devem ser fixados diretamente nos tijolos, enquanto a cunha de madeira é fixada nos furos dos tijolos.

6. Encher todas as caixas, inclusive as do piso se houver, com papel molhado, comprimindo-o bem para evitar a entrada de argamassa nas tubulações e nas caixas (**figura 11.81**).
7. Fixar as caixas e cobrir os eletrodutos com argamassa.

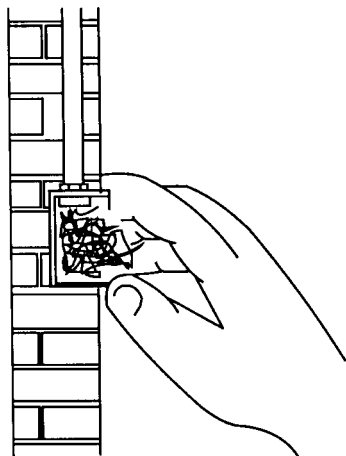


Figura 11.81

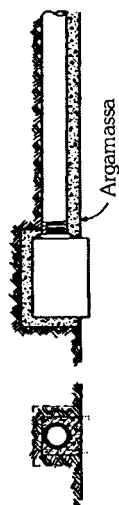


Figura 11.82

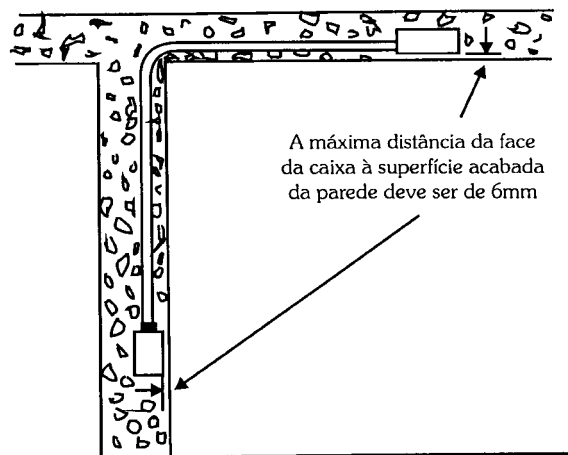


Figura 11.83

Notas: 1. A argamassa deve ficar em nível com a parede de tijolos (sem reboco), conforme a **figura 11.82**. 2. As caixas devem ficar, aproximadamente, 10 mm para fora do nível da parede de tijolos (**figura 11.83**). E após o reboco, a caixa pode ficar no máximo a 6 mm da superfície acabada 3. O electricista deve encher os rasgos e observar que todas as caixas (parede e laje) estejam cheias de papel, para que o pedreiro possa rebocar a parede sem perigo de a massa penetrar nas caixas e tubulações.



Figura 11.84

Atenção: Quando as caixas são fixadas ou assentadas, **cuidar** para que não fiquem desalinhas, pois isso pode causar sério transtorno na fixação de interruptores, tomadas, etc.

11.7.2. Instalações Aparentes

A utilização de **instalações aparentes** é necessária quando a possibilidade de modificações seja uma característica ou uma exigência do local, ou do tipo de instalação elétrica, pois alia a segurança, flexibilidade, facilidade de adaptações e novos arranjos dos equipamentos, sem grandes gastos.

É usual o emprego nos seguintes casos:

- indústrias;
- instalações comerciais;
- depósitos;
- oficinas; etc.

Nesse tipo de instalação, é preciso ter cuidado com a aparência, pelo fato de ficarem expostos os eletrodutos e todos os seus acessórios; as caixas devem ser de alumínio injetado do tipo condutele, especiais para essa finalidade. A seguir, são apresentados os processos de execução para a instalação aparente.

Processo de Execução

1. Marcar o trajeto dos eletrodutos, que deve ser em linha reta, em nível ou no prumo.

Nota: A marcação do trajeto pode ser feita com auxílio de uma régua e giz ou lápis.

2. Preparar trechos de eletrodutos e caixas e após fixá-los às paredes, lajes, pilares, vigas, etc., com braçadeiras aparafusadas em buchas plásticas, conforme a **figura 11.85**.

Notas: 1. Ao fixar os eletrodutos e caixas, observar o aspecto estético. 2. Primeiramente, montam-se as caixas aos eletrodutos e posteriormente é fixado o conjunto ao local da instalação (**figura 11.86**).

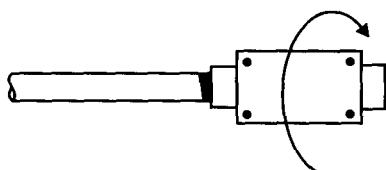


Figura 11.85



Figura 11.86

Nas **figuras 11.87, 11.88 e 11.89**, vemos alguns exemplos de instalações aparentes.

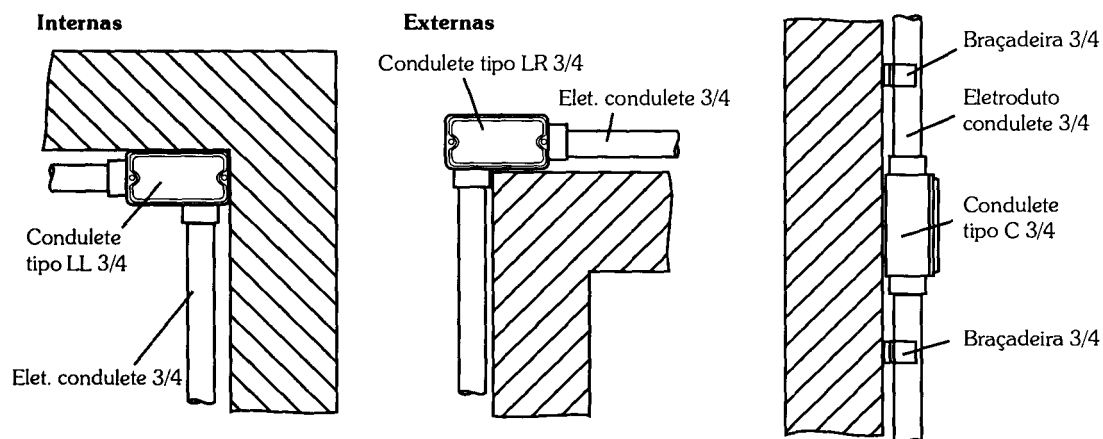
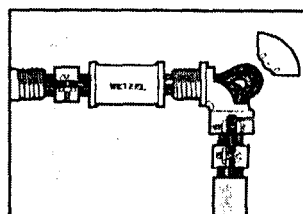
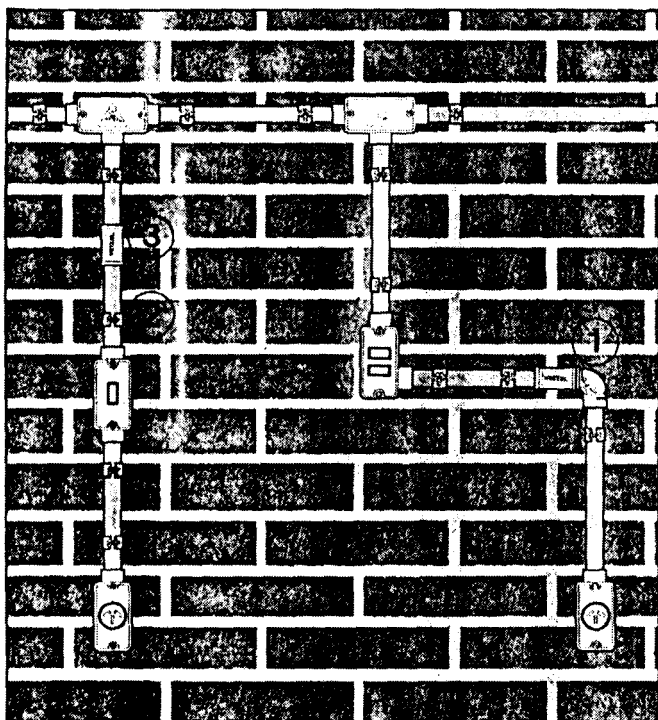
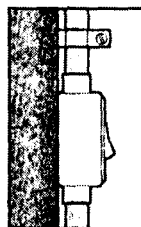


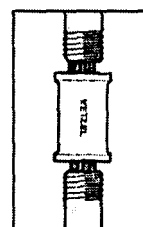
Figura 11.87 - Exemplo de instalação de eletroduto aparente, de PVC. Cortesia: Tigre.



1 - Em casos de instalações que venham a sofrer alterações ou transferências de local, os desenhos dão um exemplo de grande valia, diante da rapidez e segurança na execução.



2 - Na fixação das instalações, são aplicadas as abraçadeiras WETZEL do tipo "D" desenvolvidas para dar total segurança e perfeito alinhamento.



3 - Luva WETZEL para eletrodutos, um acessório perfeito para conectar extremidades de tubulações, fornecida em alumínio, de 1/2" e 3".

Figura 11.88 - Exemplo de instalação aparente e acessórios. Cortesia: Wetzel.

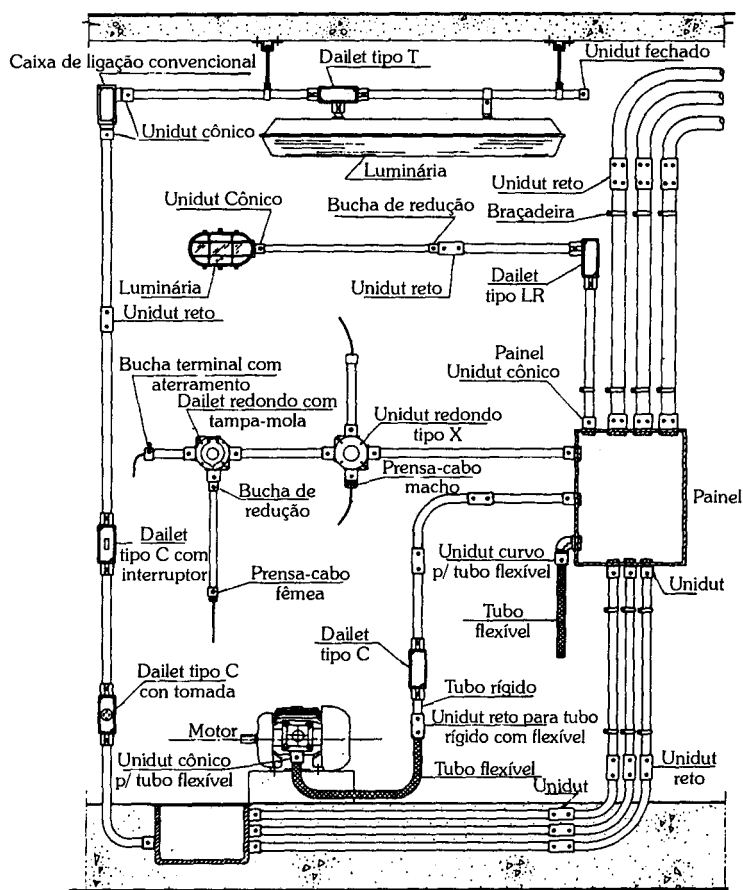


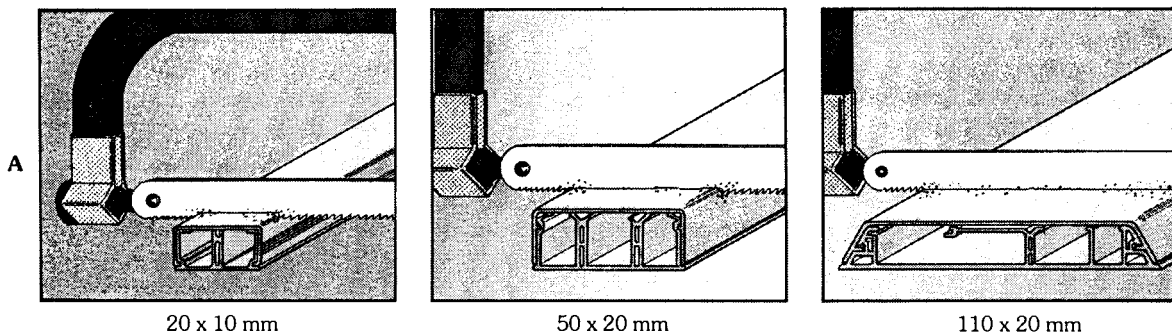
Figura 11.89 - Exemplo de instalação aparente com eletrodutos e acessórios metálicos. Cortesia: Daisa.

11.7.3. Instalação Aparente com Perfis de PVC

É a maneira mais segura e prática de instalar ou ampliar a rede elétrica aparente, para pontos não previstos em projetos, evitando o perigo de fios expostos e o quebra-quebra de paredes. Esse recurso pode ser utilizado em:

- residências;
- escritórios;
- lojas comerciais;
- laboratórios;
- salas de informática;
- centro de processamento de dados;
- oficinas de manutenção de equipamentos eletrônicos; etc.

A seguir, apresentamos algumas recomendações de fabricante quanto à instalação de perfis de PVC.



- A. Corte as canaletas com as tampas no tamanho necessário, utilizando um arco de serra. A canaleta 20x10 mm, dependendo da utilização, pode ser cortada a 45° ou 90°. Já as canaletas 50x20 mm e 110x20 mm devem ser cortadas somente a 90°.
- B. Fixe a canaleta com pregos "sem cabeça" de $\varnothing 1,0$ mm (10x10) pelos furos centrais, existentes a cada 100 mm. Opcionalmente, utilize cola do tipo cascola no verso da canaleta, onde há estrias de aderência. No caso de fixar em alvenaria ou concreto, use buchas do tipo S-6 a cada 400 mm.

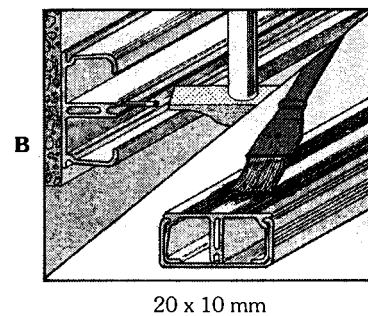


Figura 11.90 - A e B - Corte e fixação de perfis de PVC. Sistema X. Cortesia: Pial-Legrand.

- C. A fixação das canaletas de 50x20 mm também se faz com parafuso de $\varnothing 6$ mm, mantendo espaçamento de 200 mm.
- D. A fixação desse tipo de canaleta é igual a 50x20 mm, entretanto, devido à sua largura, recomenda-se colocar dois parafusos.
- E. Para fazer um acoplamento L ou em T, deixe um espaço de 3mm entre as canaletas, conforme a ilustração.

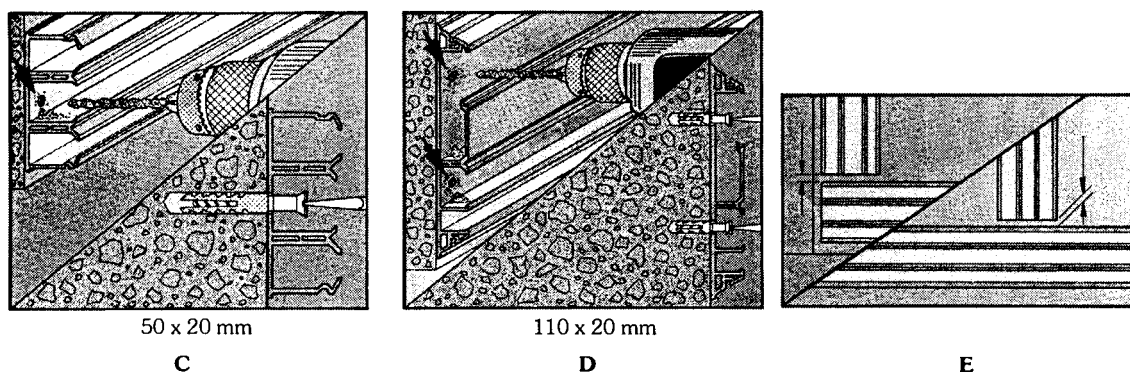
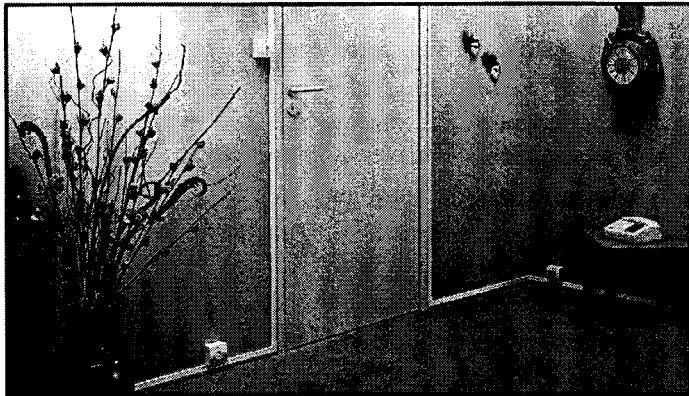



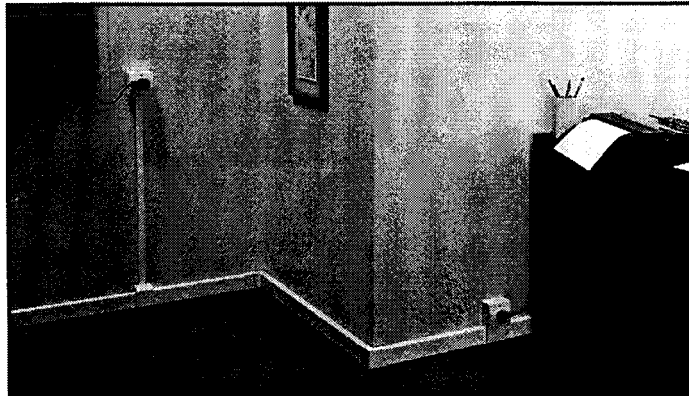
Figura 11.91 - C, D e E - Fixação de canaletas sistema X. Cortesia: Pial-Legrand.


F



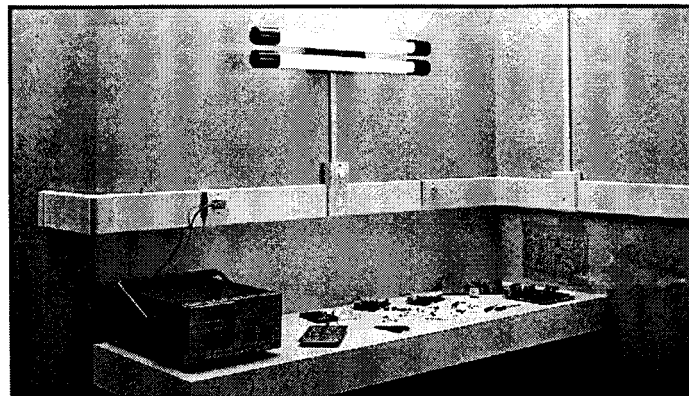
Referências			
			
308 00	308 01		
Secção condutores (mm ²)	Nº de condutores (por setor)		
	1	2	-
1,5	5	5	-
2,5	3	3	-
4	2	2	-
6	1	1	-


G



Referências			
			
300 24			
Secção condutores (mm ²)	Nº de condutores (por setor)		
	1	2	3
1,5	18	21	18
2,5	11	13	11
4	10	11	10
6	7	8	7
Cabos telefônicos até 10 pares	1	1	1

H



Referências			
			
300 46			
Secção condutores (mm ²)	Nº de condutores (por setor)		
	1	2	3
1,5	84	27	14
2,5	55	16	9
4	49	14	7
6	36	10	5
Cabos telefônicos até 10 pares	-	1	1

Nota: As quantidades determinadas nas tabelas não consideram os fatores de correção para agrupamentos de cabos isolados.

Figura 11.92 - F, G e H - Exemplos de instalação aparente com canaletas sistema X. Cortesia: Pial-Legrand.

11.8. Dimensionamento de Eletrodutos

Dimensionar eletroduto é determinar o diâmetro nominal (\varnothing_n) do eletroduto para cada trecho da instalação.

Diâmetro nominal (\varnothing_n) do eletroduto é expresso em milímetros (mm), padronizado por norma.

- b) Determina-se o **Diâmetro Externo do Eletroduto (mm)**, consultando a **Tabela 11.3**, com o valor (S_t) encontrado no item "a".
- c) Caso os condutores instalados em um mesmo eletroduto sejam do mesmo tipo e mesma seção nominal, pode-se determinar o diâmetro externo do eletroduto consultando as **Tabelas 11.5 e 11.6**.
- d) Para se determinar o **comprimento máximo dos eletrodutos** para interligação de caixa de passagem, conforme **item "8.3"**, utiliza-se a seguinte equação:

$$\ell_{\text{máx}} = 15 - 3 \cdot N$$

sendo:

- $\ell_{\text{máx}}$ - Comprimento máximo entre duas caixas, em metros (m).
 - N - Número de curvas de 90° existentes no trecho (0 a 3).
- e) Na eventualidade de não ser possível a utilização de **caixa de passagem** dentro dos limites do item 8.3, utiliza-se eletroduto de diâmetro nominal imediatamente superior para cada 6,00 m, ou fração, de aumento dessa distância. Para este caso utiliza-se a seguinte equação:

$$A = \frac{\ell_{\text{real}} - \ell_{\text{máx}}}{6}$$

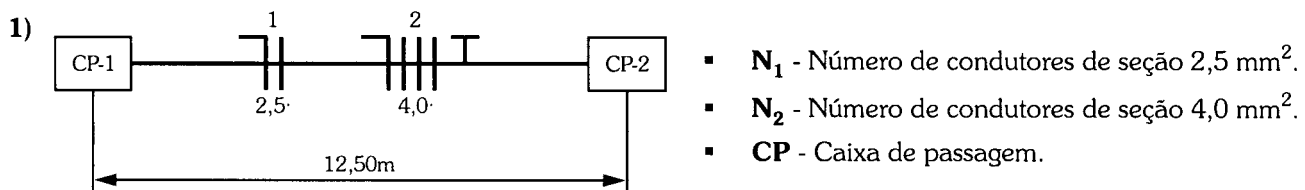
sendo:

- A - Aumentos de diâmetros nominais do eletroduto.
 - ℓ_{real} - Comprimento real do trecho, em metros (m).
- f) Para instalações simples, nas quais o comprimento do trecho de eletrodutos esteja dentro dos limites do **item 11.8.3** e para a instalação de condutores de seções diferentes, pode-se utilizar um método simplificado, ou seja:
- 1º) Contar o número de condutores contidos no trecho.
 - 2º) Adotar a maior seção desses condutores.
 - 3º) Consultar a **Tabela 11.3** para obter o diâmetro nominal do eletroduto adequado a esse trecho.

Nota: Utilizando este critério, a escolha do eletroduto pode ficar, eventualmente, com um \varnothing_n imediatamente superior ao calculado pelo **item "a"**.

11.8.5. Exemplos de Dimensionamento

Dimensionar o trecho de eletroduto de PVC rígido, conforme desenhos apresentados em seguida:



Solução:

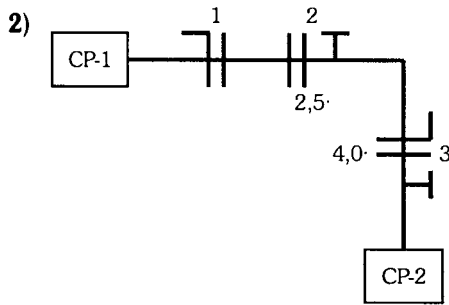
- a) Calcula-se a seção total (S_t) dos condutores:

$$S_t = N_1 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \right) + N_2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \right) \Rightarrow S_t = 2 \cdot \frac{3,1415 \cdot 3,4^2}{4} + 5 \cdot \frac{3,1415 \cdot 3,9^2}{4} \Rightarrow \boxed{S_t = 77,9 \text{ mm}^2}$$

- b) Escolha do eletroduto:

Consultando a **tabela 11.3**, na **coluna 40%**, com o valor **77,9 mm²**, encontramos...

...eletroduto de PVC de \varnothing_n 20 mm ou $\frac{1}{2}$ "



Observação: Os condutores de seção $1,5 \text{ mm}^2$ não necessitam ser especificados no esquema.

Solução:

a) Calcular a Seção total (S_t):

$$S_t = N_1 \cdot S_{e1} + N_2 \cdot S_{e2} + N_3 \cdot S_{e3} \Rightarrow S_t = 2 \cdot 7,1 + 3 \cdot 10,7 + 3 \cdot 18,1 \Rightarrow$$

$$S_t = 14,2 + 32,1 + 54,3 \Rightarrow \boxed{S_t = 100,6 \text{ mm}^2}$$

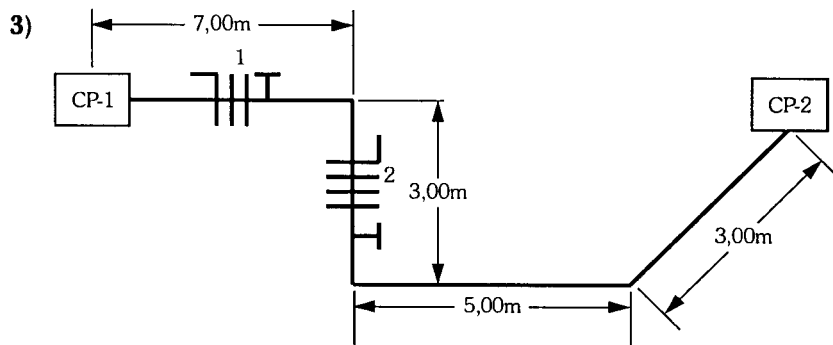
b) Escolha do eletroduto:

Pela **Tabela 11.3**, na coluna 40%, com o valor $100,6 \text{ mm}^2$, encontramos...

...eletroduto de PVC de \varnothing_n 25 mm ou $\frac{3}{4}$ ".

c) O comprimento máximo do trecho que interliga as duas caixas será:

$$l_{\text{máx}} = 15 - 3 \cdot N \Rightarrow l_{\text{máx}} = 15 - 3 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{l_{\text{máx}} = 12,0 \text{ m}}$$



- Circuito 1: $3\#10(10) \text{ mm}^2$
- Circuito 2: $3\#25(16)T16 \text{ mm}^2$

Observação: Condutores Pirastic Antiflam; fio para condutores de seção 10 mm^2 e 16 mm^2 ; cabo para condutor de seção 25 mm^2 .

a) Calcular a Seção total (S_t) dos condutores:

$$S_t = \sum(S_e) \Rightarrow S_t = N_1 \cdot S_{e1} + N_2 \cdot S_{e2} + N_3 \cdot S_{e3} \Rightarrow S_t = 4 \cdot 24,6 + 3 \cdot 56,7 + 2 \cdot 33,2$$

$$\Rightarrow S_t = 98,4 + 170,1 + 66,4 \Rightarrow \boxed{S_t = 334,9 \text{ mm}^2}$$

b) Escolha do eletroduto:

Pela tabela 11.3, coluna 40%, adotariamos um eletroduto de PVC de \varnothing_n 40 mm.

Porém, devido ao comprimento excessivo e número de curvas, teremos:

- Comprimento total: **18,00 m**
- Número de curvas: **3**
- De acordo com o item 11.8.3, a distância máxima, entre as caixas, será:

$$\ell_{\text{máx}} = 15 - 3 \cdot N \Rightarrow \ell_{\text{máx}} = 15 - 3 \cdot 3 \Rightarrow \ell_{\text{máx}} = 15 - 9 \Rightarrow \ell_{\text{máx}} = 6,00\text{m}$$

- Entretanto, verificamos que a distância entre as caixas é superior à distância máxima, conforme item anterior. Logo, deve-se calcular o número de "aumentos" do diâmetro nominal do eletroduto, ou seja:

$$A = \frac{\ell_{\text{real}} - \ell_{\text{máx}}}{6} \Rightarrow A = \frac{18,00 - 6,00}{6} \Rightarrow A = 2,0$$

Conclusão: Com o resultado obtido anteriormente, devemos utilizar o **2º diâmetro superior a 40,0 mm ou 1.¼"**, ou seja, de acordo com a **Tabela 11.3**, será adotado um eletroduto de \varnothing_n **60,0 mm ou 2"**, para interligar as caixas CP-1 e CP-2, pois houve um aumento dos diâmetros nominais ($A = 2,0$).

11.8.6. Tabelas para Dimensionamento de Eletrodutos

Tabela 11.3 - Eletrodutos de PVC rígido com rosca.

Referência de Rosca	Diâmetro Externo Nominal (mm)	Diâmetro Interno (mm)	Espessura Parede (mm)	Área Total Aprox. (mm²)	Área Útil (mm²) 1 cabo(53%)	Área Útil (mm²) 2 cabos (31%)	Área Útil (mm²)³ 3 cabos (40%)
"1/2"	20	16	2,2	201,1	106,6	62,3	80,4
"3/4"	25	21	2,6	346,4	183,6	107,4	138,6
"1"	32	26,8	3,2	564,1	299,0	174,9	225,6
"1.1/4"	40	35,0	3,6	962,1	509,9	298,3	384,8
"1.1/2"	50	39,8	4,0	1244,1	659,4	385,7	497,6
"2"	60	50,2	4,6	1979,2	1049,0	613,6	791,7
"2.1/2"	75	64,1	5,5	3227,0	1710,3	1000,4	1290,8
"3"	85	75,6	6,2	4488,8	2379,1	1391,5	1795,5

Tabela 11.4 - Dimensões totais dos condutores isolados, para 750 V e 1000 V.

Seção Nominal do Condutor (mm²)	750 V						1000 V		
	Pirastic Antiflan				Pirastic-flex Antiflan		Energibrás		
	Diâmetro Externo (mm)		Seção ou Área Total (mm²)		Diâmetro Externo (mm)	Área Total (mm²)	Diâmetro Condutor Nu (mm)	Diâmetro Externo (mm²)	Área Total (mm²)
	Fios	Cabos	Fios	Cabos	Fios	Cabos			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1,5	2,8	3,0	6,2	7,1	3,0	7,1	1,57	5,17	21,0
2,5	3,4	3,7	9,1	10,7	3,6	10,2	2,02	5,62	24,8
4	3,9	4,2	11,9	13,8	4,2	13,8	2,56	6,56	33,8
6	4,4	4,8	15,2	18,1	4,7	17,3	3,14	7,14	40,0
10	5,6	5,9	24,3	27,3	6,1	29,2	4,05	8,25	53,4
16	6,5	6,9	33,2	37,4	7,8	47,8	5,13	9,33	68,3
25	8,5		56,7		9,6	72,4	6,4	11,2	98,5
35	9,5		71		10,9	93,3	7,56	12,4	120,7
50	11,0		95,0		13,2	136,8	9,15	14,6	167,3
70	13,0		133		15,0	176,7	10,85	16,3	208,6
95	15,0		177		-	-	12,6	18,6	271,6
120	16,5		214		-	-	14,2	20,4	326,7
150	18,0		255		-	-	15,9	22,5	397,4
185	20,0		314		-	-	17,6	24,8	482,8
240	23,0		416		-	-	20,2	28,0	615,4
300	26,0		530		-	-	22,5	30,9	749,5
400	28,5		638		-	-	25,9	34,9	956,1
500	32,0		804		-	-	28,9	38,6	1169,6

Tabela 11.5 - Ocupação máxima dos eletrodutos de PVC por condutores de mesma seção.

Seção Nominal (mm ²)	Número de Condutores no Eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	60
50	32	40	40	50	50	60	60	60	70
70	40	40	50	50	60	60	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85
120	50	50	60	75	75	75	85	85	-
150	50	60	75	75	85	85	-	-	-
185	50	75	75	85	85	-	-	-	-
240	60	75	85	-	-	-	-	-	-

Tabela 11.6 - Ocupação máxima dos eletrodutos de aço por condutores de mesma seção.

Seção Nominal (mm ²)	Número de Condutores no Eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	31	31
10	20	20	25	25	31	31	31	31	41
16	20	25	25	31	31	41	41	41	41
25	25	31	31	41	41	41	47	47	47
35	25	31	41	41	41	47	59	59	59
50	31	41	41	47	59	59	59	75	75
70	41	41	47	59	59	59	75	75	75
95	41	47	59	59	75	75	75	88	88
120	41	59	59	75	75	75	88	88	88
150	47	59	75	75	88	88	100	100	100
185	59	75	75	88	88	100	100	113	113
240	59	75	88	100	100	113	113	-	-

Nota: Tamanho nominal - NBR 6150/EB-744 - Classe B:

(mm) - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 60 - 75 - 85 - 100

(pol.) - 3/8 - 1/2 - 3/4 - 1 - 1.1/4 - 1.1/2 - 2 - 2.1/2 - 3 - 4

A representação do diâmetro do eletroduto varia conforme a concessionária local. É possível utilizar a referência de rosca do eletroduto, tanto externo como interno; portanto, é viável que no projeto se apresente uma tabela com ambas as bitolas.

Referência de Rosca em Polegadas	Ø Interno	Ø Externo
1/2"	-	20
3/4"	20	25
1"	25	32
1.1/4"	32	40
1.1/2"	40	50
2"	50	60
3"	75	85
4"	100	110

11.8.7. Enfição dos Condutores

Após concluída toda a etapa da instalação da **rede de eletrodutos** (embutida ou aparente, ou ainda em moldura - perfis - de PVC), já é possível iniciar a próxima etapa que se refere à **enfição dos condutores** (NBR 5410:2004, 6.2.11.1.17).

Notas: **1.** Nas instalações embutidas, a enfição dos condutores faz-se somente após a conclusão do revestimento das paredes, isto é, quando não há mais trabalhos com argamassa, cal fino, azulejos, etc. A pintura de paredes ou outros tipos de revestimento devem ser feitos somente após a enfição dos condutores. **2.** É importante fazer uma boa limpeza interna das caixas com escova e pano, e ar comprimido ser houver disponível na obra.

O trabalho de **enfição dos condutores** deve ser feito em cada **trecho** entre **duas caixas**, geralmente por **duas pessoas**, acompanhando as seguintes operações:

- Efetuar uma boa limpeza das caixas e eletrodutos (**figura 11.96**).



Figura 11.95

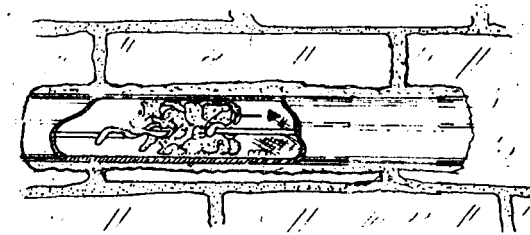


Figura 11.96

Nota: Amarre uma mecha de pano ou estopa no arame ou cabo de aço guia e puxe até que saia do outro lado, deixando o eletroduto perfeitamente seco e limpo (**figura 11.95**).

- Enfiar o guia (arame galvanizado número 14 ou 16, cabo de aço, fita de aço ou guia de náilon) no trecho entre duas caixas (**figura 11.97**). A **NBR 5410:2004, 6.2.11.1.18 - nota**, determina que "os guias de puxamento só devem ser introduzidos após finalizadas as tubulações, e não durante sua execução".

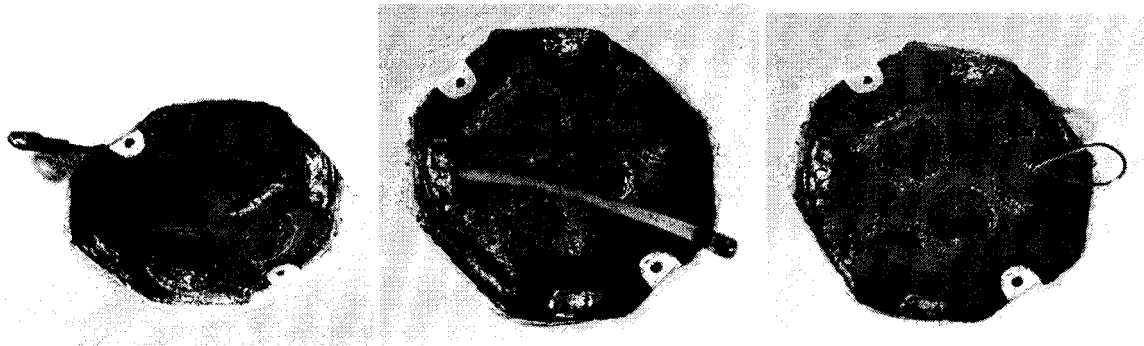


Figura 11.97

- Separar os condutores em função do número, seção e cor, conforme previsto no projeto e no comprimento adequado (**figura 11.98**).
- Remova aproximadamente 4 cm de uma das extremidades dos condutores, engatando-os no guia para que possam ser puxados (**figura 11.99**).

Nota: Antes do puxamento, cubra com uma camada de fita isolante a união dos condutores e o guia (**figura 11.100**).

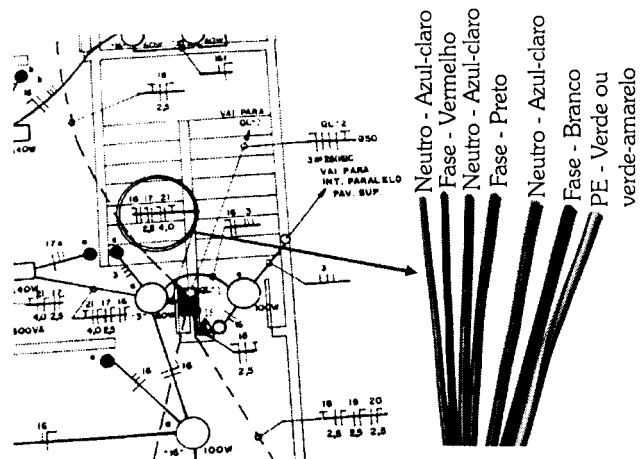


Figura 11.98

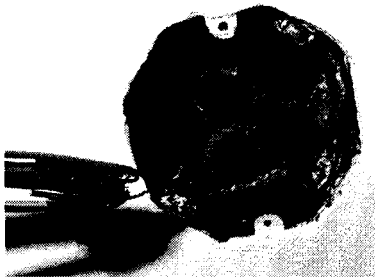


Figura 11.99

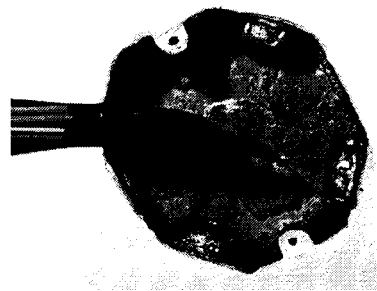


Figura 11.100

- Puxar o guia suavemente (**figura 11.101**) à medida que o ajudante (**figura 11.102**) for guiando os condutores, até que eles apareçam na outra extremidade do eletroduto.



Figura 11.101



Figura 11.102

Notas: **1.** Para facilitar a passagem dos condutores, podem ser usados lubrificantes neutros, como, por exemplo, talco, parafina ou outros lubrificantes que não prejudiquem a isolamento dos condutores (**NBR 5410:2004, 6.2.11.1.18b**). Não use graxas, óleos de motor, sabão ou detergentes. **2.** Tomar os devidos cuidados para que, no ato do puxamento, a isolamento dos condutores não seja danificada. **3.** Deixar pelo menos 15 cm de sobra de condutores em ambas as extremidades das caixas (teto e parede), para facilitar as ligações nos equipamentos e emendas.

Precaução: Use luvas para não ferir as mãos.

- Repetir as operações descritas até colocar no interior dos eletrodutos todos os condutores conforme **previsto no projeto**.
- Fazer as emendas e derivações dos condutores em todas as caixas, observando a **identificação dos circuitos**, tendo os devidos cuidados de soldá-las antes de proceder à isolamento com fita isolante (**figuras 11.103 e 11.104**).



Figura 11.103



Figura 11.104

11.9. Instalação e Fixação de Interruptores, Tomadas e Aparelhos de Iluminação

11.9.1. Introdução

Após a execução da instalação dos eletrodutos, fixadas as caixas de derivação e enfiados os condutores, conforme previsto no projeto elétrico, já é possível a **instalação e fixação** dos interruptores, tomadas e aparelhos de iluminação.

Nota: A instalação e fixação desses dispositivos, assim como outros itens da instalação (interruptor automático de presença, minuteria, etc.) devem ser executadas somente após o acabamento final das paredes, ou seja, após o cal fino, colocação de azulejos ou outros tipos de revestimento. As placas ou espelhos, bem como aparelhos de iluminação, no teto ou parede (arandelas), devem ser fixados somente após a pintura onde, evidentemente, for feito esse tipo de acabamento.

11.9.2. Fixação de Interruptores, Tomadas e Aparelhos de Iluminação

Para a fixação remova aproximadamente **7 mm da isolação** das extremidades do condutores, conforme as figuras seguintes.



Figura 11.105

Interruptor Simples (1, 2 e 3 Teclas)

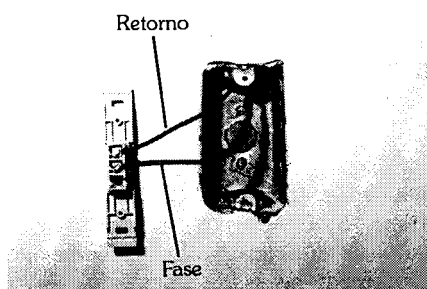


Figura 11.106

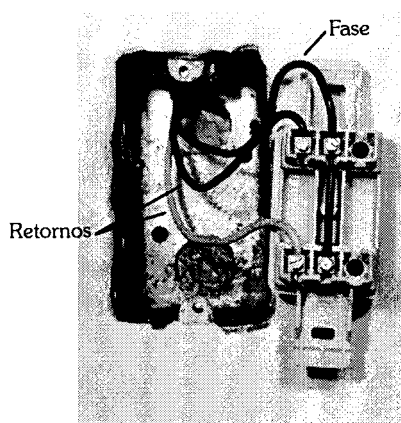


Figura 11.107

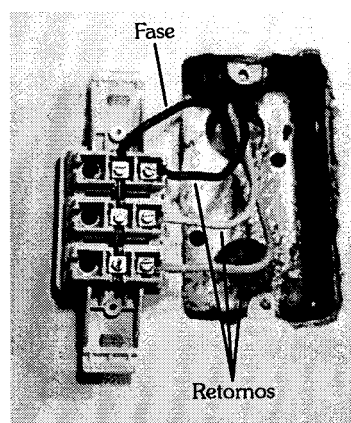


Figura 11.108

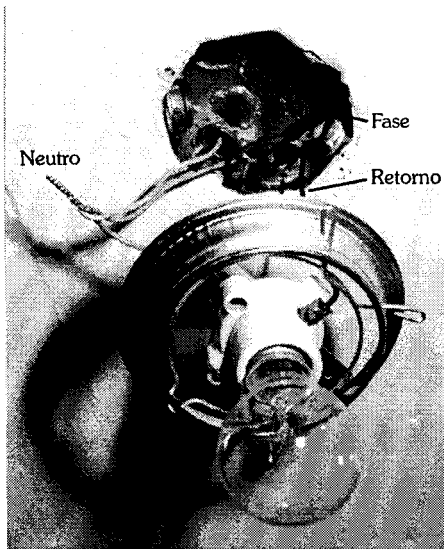


Figura 11.109

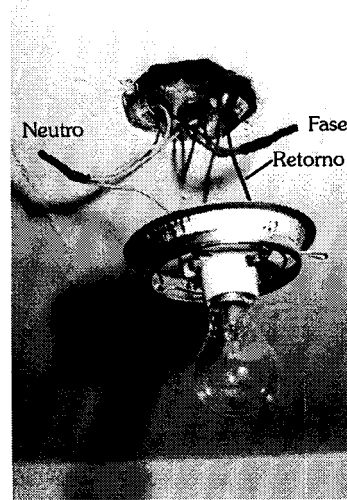


Figura 11.110

Interruptores Paralelos

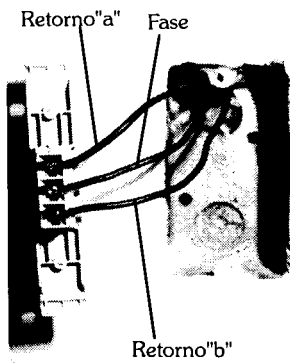


Figura 11.111

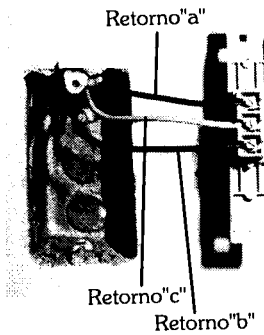


Figura 11.112

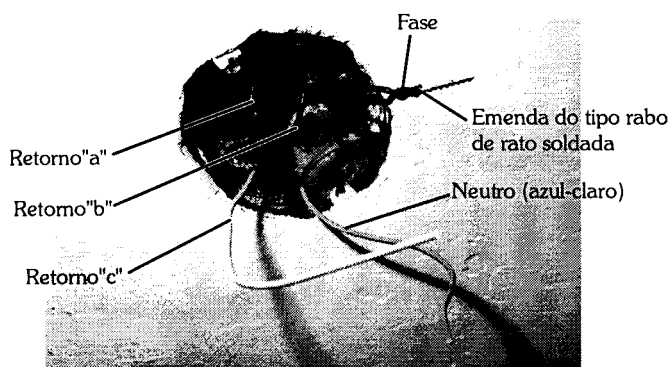


Figura 11.113

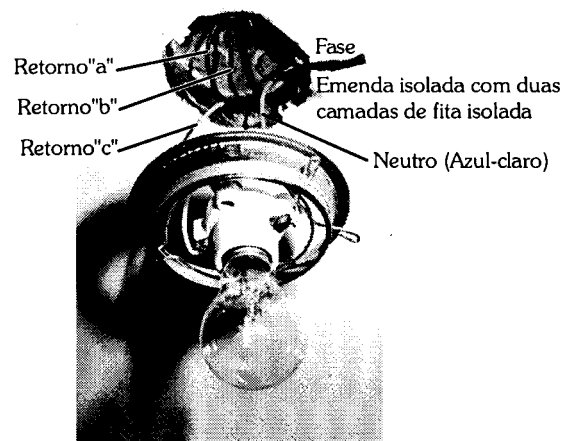


Figura 11.114

Interruptor Intermediário

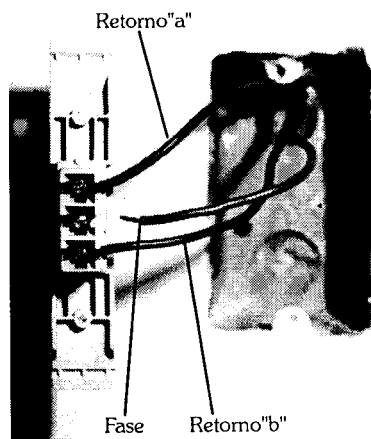


Figura 11.115

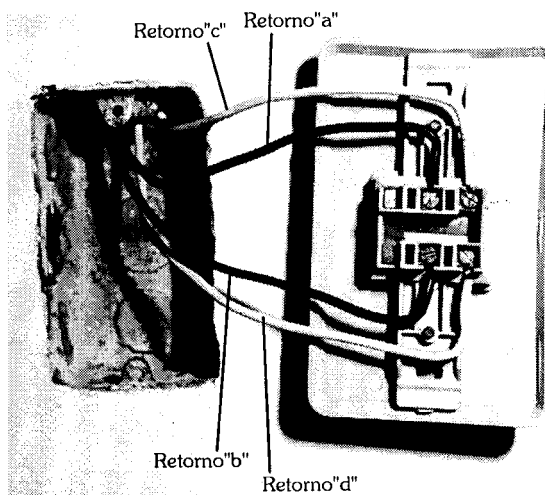


Figura 11.116

Observação: O interruptor intermediário sempre deve ser instalado entre dois interruptores paralelos.

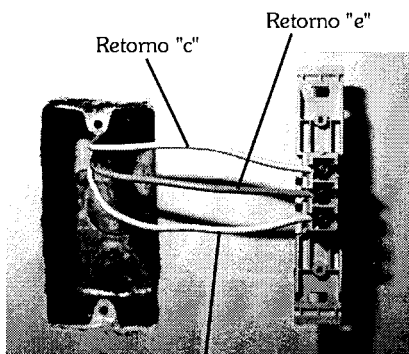


Figura 11.117

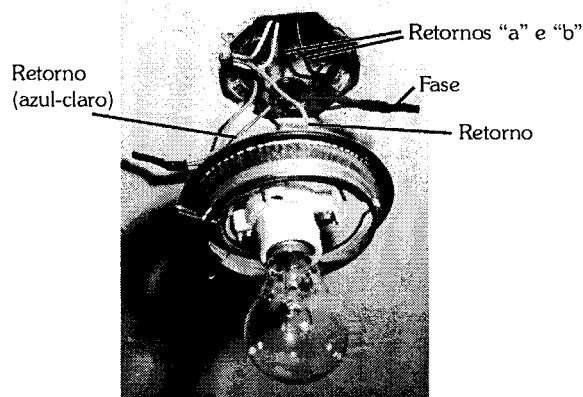


Figura 11.118

Tomadas

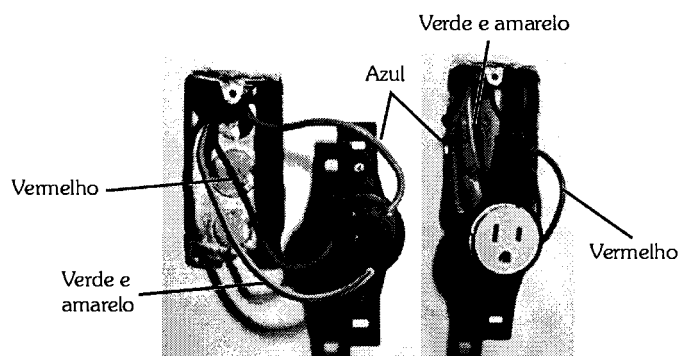


Figura 11.119 - Vista de frente e de trás de uma tomada de uso geral (TUG) de 127 V (FN + T).

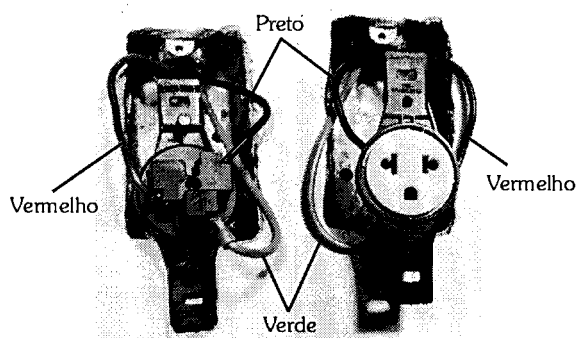


Figura 11.120 - Vista de frente e de trás de uma tomada de uso geral (TUG) de 220 V (2F + T).

Cigarra/Campainha

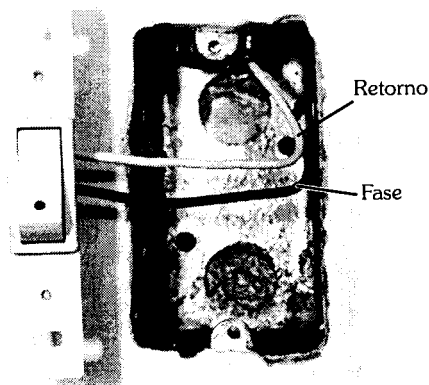


Figura 11.121

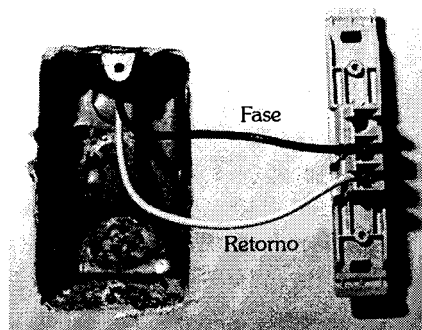


Figura 11.122

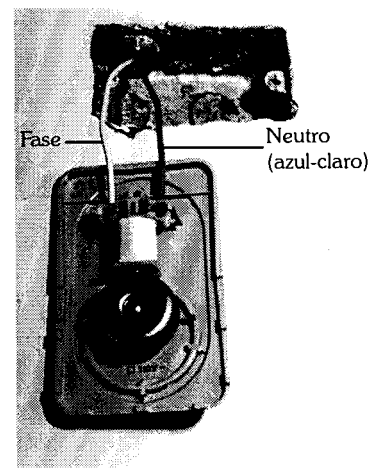


Figura 11.123

Nota: Em alguns tipos de tomadas e receptáculos, é necessário fazer olhal nas extremidades dos condutores para a sua ligação.

Após a ligação e fixação dos dispositivos de comando de iluminação, tomadas, etc., e a colocação das placas ou espelhos, conforme o tipo ou modelo ao gosto do cliente, a instalação fica com o aspecto das figuras seguintes:

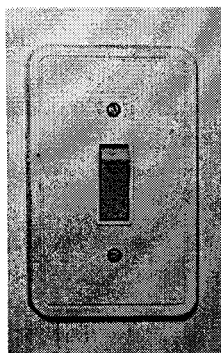


Figura 11.124 - Interruptor simples ou paralelo com uma tecla.

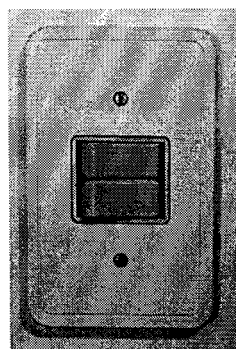


Figura 11.125 - Interruptor intermediário.

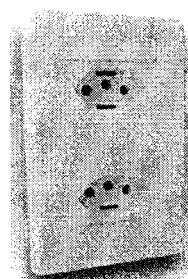


Figura 11.126 - Tomadas 127V (FN+T), conforme NBR 14136.

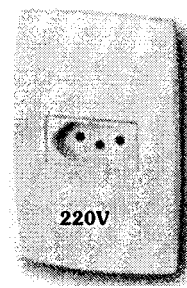


Figura 11.127 - Tomada 220V (2F+T), conforme NBR 14136.

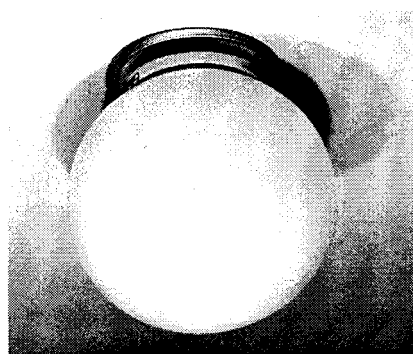


Figura 11.128 - Aparelho de iluminação plafonier e globo.

- 12.1. Prescrições Fundamentais da Norma NBR 5410
- 12.2. Terminologias
- 12.3. Proteção contra Sobrecorrentes
- 12.4. Proteção contra Choques Elétricos e Efeitos Térmicos

12.1. Prescrições Fundamentais da Norma NBR 5410

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

Proteção contra Choques Elétricos

- Elemento condutivo ou parte condutiva
- Proteção básica
- Proteção supletiva
- Proteção adicional
- Dispositivo de proteção a corrente diferencial-residual (formas abreviadas: dispositivo a corrente diferencial-residual, dispositivo diferencial, dispositivo DR).
- SELV (do inglês *separated extra-low voltage*): "sistema de extra-baixa tensão que é eletricamente separado da terra, de outros sistemas e de tal modo que a ocorrência de uma falta não resulta em risco de choque elétrico".
- PELV (do inglês *protected extra-low voltage*): "sistema de extra-baixa tensão que não é eletricamente separado da terra, mas que preenche, de modo equivalente, todos os requisitos de um SELV".

Proteção contra Efeitos Térmicos

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

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

Proteção contra Sobrecorrentes

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

Proteção contra Sobretensões

- Proteção contra sobretensões temporárias;
- Proteção contra sobretensões transitórias: em linhas de energia e em linhas de sinal.

Neste capítulo, estudaremos as proteções contra choques elétricos, efeitos térmicos e sobrecorrentes.

12.2. Terminologias

Sobrecorrentes

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

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

Correntes de Sobrecarga

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

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

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

Corrente de Curto-Circuito

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

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

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

12.3. Proteção contra Sobrecorrentes

12.3.1. Disjuntores Termomagnéticos

12.3.1.1. Introdução

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

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



Figura 12.1 - Disjuntor termomagnético - UNIC.
Cortesia: Pial-Legrand.

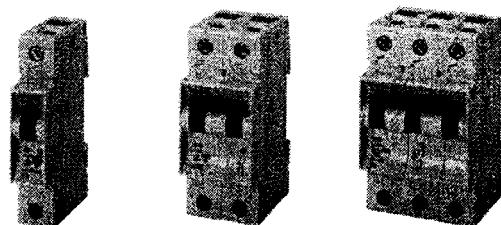


Figura 12.2 - Minidisjuntores Sistema N.
Cortesia: Siemens.

Em resumo, os disjuntos cumprem três funções básicas:

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

12.3.1.2. Vantagem

Permite o religamento sem necessidade de substituição de componentes.

12.3.1.3. Característica do Disjuntor

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

12.3.1.4. Partes Componentes dos Disjuntores

- 1- **Disparador magnético bobinado.** O número de espiras é tanto maior quanto menor for a corrente nominal, de modo que o limiar de atuação instantânea se mantenha na faixa de 5,5 a 8,3 I_N para os disjuntores até 60 A.
- 2- **Suporte (mecanismo de disparo independente da alavanca).** Seja por curto-circuito ou sobrecarga, o disparo é efetuado pela rotação desse suporte, independentemente da atuação da alavanca manual, o que garante a abertura dos contatos quando for necessária.
- 3/4- **Eletrodo.** O arco elétrico, depois de originado entre os contatos, é transferido para os eletrodos superior e inferior, levando-o diretamente para a câmara de extinção, garantindo assim pouco desgaste dos contatos elétricos.
- 5- **Cavalete.** Elemento de transmissão do movimento de acionamento/desacionamento da tecla para fechamento/abertura dos contatos elétricos, garantindo pressão adequada entre eles.
- 6- **Caixa isolante em poliamida reforçada.** A elevada resistência aos superficiais mantém o eficiente isolamento do dispositivo, mesmo após muitas atuações em condições críticas. Garante também elevada estabilidade dimensional, fazendo com que o mecanismo opere com altíssima precisão, além de permitir um excelente acabamento externo.
- 7- **Mola de regulagem magnética.** Permite manter constante a atuação do disparador magnético.
- 8- **Acelerador.** Aumenta a velocidade de abertura no início do disparo, evitando assim sollicitação térmica danosa nos contatos elétricos.
- 9/10- **Pastilhas de contato em material sinterizado (liga de prata).** Apresentam elevada resistência às altíssimas temperaturas alcançadas pelo arco elétrico (acima de 3.000°C), limitando a erosão dos contatos.
- 11/12- **Terminais protegidos com aperto elástico para cabos ou barras.** Esse aperto elástico sobre os condutores flexíveis ou rígidos, compensando sua acomodação, é uma vantagem exclusiva que evita o perigo de afrouxamento da conexão. É para barras com largura de até 12,7 mm (1/2") e cabos de até 50 mm². Sistema exclusivo que garante a proteção do usuário contra choques elétricos, uma vez que não permite o acesso às partes vivas, quando o disjuntor é instalado em condições normais de utilização, além de proporcionar que os parafusos sejam imperdíveis.
- 13- **Câmara de extinção com nove lâminas de ionizantes.** As lâminas em material magnético são dispostas de modo a atrair o arco para dentro da câmara e extingui-lo rapidamente, seja pela sua subdivisão, seja por resfriamento.
- 14- **Plaqueta de reforço magnético.** Ou simplesmente "sopro magnético" faz com que a força eletromagnética que se desenvolve no arco elétrico seja maior, contribuindo para diminuir o tempo de extinção do arco elétrico, e havendo, portanto, menos sollicitações térmicas no mecanismo.

- 15- **Acoplamento interno nos bipolares e tripolares.** Garante o desligamento simultâneo em todos os pólos.
- 16- **Plaqueta de isolamento térmica e dielétrica.** Protege a base e a tampa contra o efeito traking.
- 17- **Identificação indelével.** Caracterizadas, na tecla, a posição liga - desliga e, no corpo, a corrente nominal e classificação da faixa de atuação do disparo magnético (do tipo C - segundo IEC 898).
- 18- **Porta - etiqueta.** Permite identificar a correspondência entre o disjuntor e a instalação protegida.
- 19/20- **Dupla fixação.** Permite fixar o disjuntor com garras (fixação Bolt-On) ou através de trilho (fixação DIN).
- 21- Mola da alavanca de manobra.
- 22- Elemento de disparo térmico.

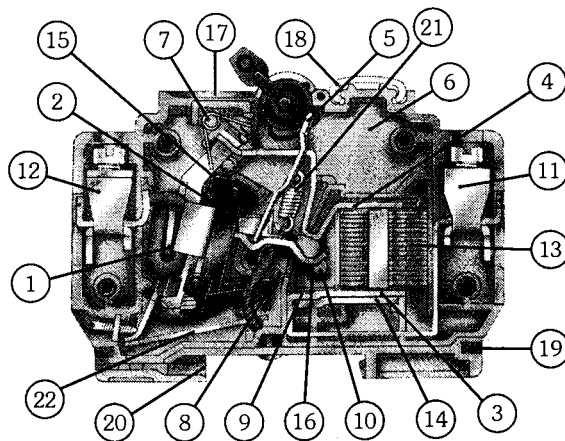


Figura 12.3 - Vista interna e componentes do disjuntor termomagnético UNIC. Cortesia: Pial-Legrand.

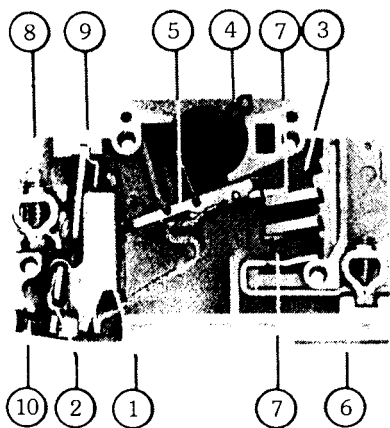


Figura 12.4 - Vista interna do minidisjuntor 5 SM. Cortesia: Siemens.

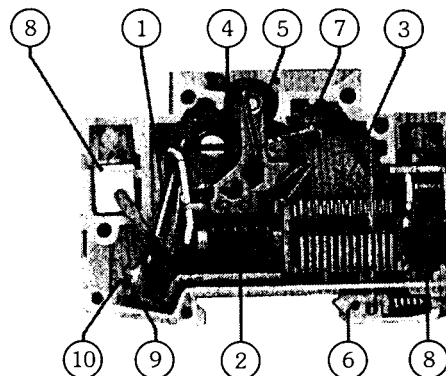


Figura 12.5 - Vista interna do minidisjuntor 5SX. Cortesia: Siemens.

- 1- Elemento de disparo térmico;
- 2- Elemento de disparo magnético;
- 3- Câmara de extinção;
- 4- Acionador;
- 5- Mecanismo de disparo;

- 6- Mola para engate rápido;
- 7- Contatos;
- 8- Terminais;
- 9- Ajuste do elemento térmico;
- 10- Ajuste do elemento magnético.

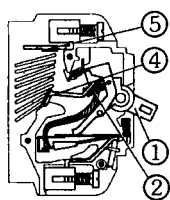
Atenção: Os disjuntores termomagnéticos (DTM) devem ser ligados aos condutores fase dos circuitos.

12.3.1.5. Funcionamento

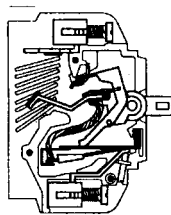
O disjuntor mais utilizado para proteção e manobra de circuitos de iluminação e tomadas é do tipo "quick-lag", no qual um disparador ou dispositivo de proteção térmica funciona de acordo com o princípio do bimetal, que se baseia na dilatação de duas lâminas de metais diferentes (aço e latão, por exemplo),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

A figura 12.6 mostra a seqüência de manobra e a atuação de um disjuntor termomagnético.

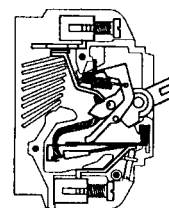
Seqüência de Fechamento Manual



A



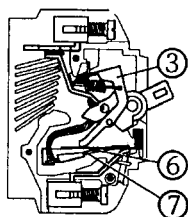
B



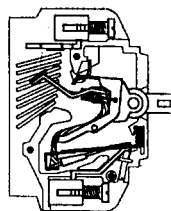
C

- A - Contatos abertos - o contato móvel (4) está fulcrado na alavanca de manobra (1); a mola de disparo (2) está tracionada. A mola transmite ao contato móvel uma força cujo conjugado em relação ao fulcro tem sentido anti-horário.
- B - Aplicando uma força à alavanca de manobra, desloca-se o fulcro; o contato móvel (4) passa para a posição fechado quando, superando o ponto morto, inverte-se o sentido do conjugado.
- C - O disjuntor está fechado: contato móvel (4) e contato fixo (5) tocam-se. A velocidade de fechamento não depende da velocidade de acionamento da alavanca de comando.

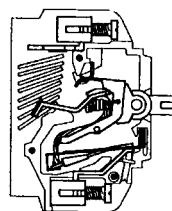
Atuação Térmica



A



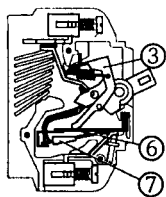
B



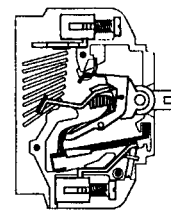
C

- A - Contato na posição fechada: a alavanca "foice" (3) está bloqueada na alavanca de engate (6). Ocorrendo uma sobrecarga, o bimetálico (7) se curva até agir na parte final da alavanca de engate.
- B - A rotação da alavanca de engate liberta a alavanca "foice" à qual é fixada a mola. O contato se abre enquanto o conjugado da força, transmitido pela mola ao contato móvel, muda de sentido em relação ao fulcro.
- C - O contato móvel continua seu movimento até a abertura total, enquanto a alavanca de manobra passa à posição intermediária, indicando a atuação automática do dispositivo.

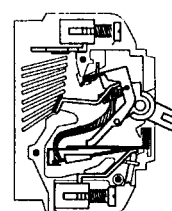
Atuação Magnética



A



B



C

- A - Contato na posição fechada: a alavanca "foice" (3) está bloqueada na alavanca de engate (6). Ocorrendo um curto-circuito, o disparador eletromagnético atrai a alavanca de engate, liberando a alavanca foice.
- B - O contato se abre. Também nesse caso a alavanca de manobra passa à posição intermediária, indicando a atuação automática do dispositivo.
- C - Novo fechamento do dispositivo. Para fechar novamente o disjuntor, deve-se rearmar o mecanismo, girando a alavanca de manobra até a posição de abertura; reengatada a alavanca, pode-se de novo proceder ao fechamento.

Figura 12.6 - Princípio de funcionamento do disjuntor termomagnético. Cortesia Pial-Legrand/Bticino.

12.3.1.6. Características dos Disjuntores

a - Número de pólos

- Monopolares ou unipolares
- Bipolares
- Tripolares

b - Quanto à tensão de operação

- Disjuntores de baixa tensão (tensão nominal até 1000 V)
 - Disjuntores em caixa moldada
 - Disjuntores abertos
- Disjuntores de média e alta tensões (acima de 1.000 V)
 - Vácuo
 - Ar Comprimido
 - Óleo
 - Pequeno volume de óleo (PVO)
 - SF₆ (hexafluoreto de enxofre)

Em instalações elétricas prediais de baixa tensão, são mais utilizados os...

... disjuntores termomagnéticos em caixa moldada.

Os materiais utilizados na sua fabricação são...

... poliéster, poliamida, por exemplo.

Tomando-o compacto e robusto, servindo para abrigar e suportar seus componentes.

São providos de acionamento manual e são equipados com disparadores ...

**... contra sobrecarga (disparadores térmicos) e
... contra curto-circuito (bobina eletromagnética).**

Os mais sofisticados são providos ainda de...

**... ajuste para atuação dos disparadores eletromagnéticos e térmicos e
... disparadores de subtensão (bobina de mínima).**

E, conforme foi estudado no capítulo 8 (Previsão de Cargas e Divisão da Instalação), os disjuntores termomagnéticos são montados em...

... quadros de distribuição (QD's) ou quadros de luz (QL's).

12.3.1.7. Dimensionamento de Disjuntores

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

a - Proteção contra Sobrecarga

A **NBR 5410:2004**, item 5.3.4, diz que "devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de sobrecarga nos condutores dos circuitos antes que ela possa provocar um aquecimento prejudicial à isolação, aos terminais ou às vizinhanças das linhas".

E, para que ocorra uma perfeita coordenação entre o dispositivo de proteção e os condutores, deve satisfazer as duas seguintes condições:

$$\text{a) } I_p \leq I_n \leq I_z \quad ; \quad \text{b) } I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

$$\quad \quad \quad \& I_c \quad \quad \quad \& I_c$$

Sendo:

- I_p - Corrente de projeto do circuito, em ampère (A). (**a norma NBR 5410/90 trata como I_B**).
- I_n - Corrente nominal do **dispositivo de proteção** nas condições previstas para a sua instalação, (equivalente a I_{nd} - corrente do disjuntor; I_{nf} - corrente do fusível), em ampère (A).
- I_z - Capacidade de **condução de corrente dos condutores** vivos do circuito nas condições previstas para a sua instalação, submetidos aos fatores de correção eventuais das **Tabelas 10.16, 10.17, 10.18 e 10.19**, em ampère(s) (A).
- I_c - Capacidade de condução de corrente dos condutores, conforme **Tabelas 10.10; 10.11; 10.12 e 10.13**, em ampère(s) (A).
- I_2 - Corrente que assegura efetivamente a atuação do dispositivo de proteção; na prática, a corrente I_2 é considerada a corrente convencional de atuação para disjuntores.

Nota: A condição "b" é aplicável quando for possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores (Tabela 10.3) não seja mantida por um tempo superior a 100 h durante 12 meses consecutivos ou por 500 h ao longo da vida do condutor. Quando isso não ocorrer, a condição "b" fica substituída por: $I_2 \leq I_z$

As **correntes** características do conjunto **condutores-dispositivos** de proteção devem atender às seguintes condições (ver figura 12.7):

- A corrente nominal do dispositivo de proteção, I_n , não deve ser inferior à corrente de projeto do circuito, I_B ; assim evita-se a atuação do dispositivo quando o circuito funciona normalmente.
- A corrente nominal do dispositivo de proteção, I_n , não deve ser superior à capacidade de condução de corrente, I_z , dos condutores; assim o disjuntor deve ficar "sobrecarregado" quando ocorrer uma sobrecarga no circuito.
- A corrente de projeto do circuito, I_B , não deve ser superior à capacidade de condução de corrente dos condutores, I_z .
- Quando o circuito é sobrecarregado de **45%**, isto é, quando a corrente é igual a **1,45 vezes** a capacidade de condução de corrente I_z , o dispositivo de proteção deve atuar em uma hora (ou em duas horas, para os dispositivos maiores). Essa condição é imposta pela norma para garantir a atuação do dispositivo e evitar o aquecimento prejudicial dos condutores. Observa-se que para sobrecorrentes inferiores à indicada, o disjuntor também deve atuar, porém num tempo mais longo (fora das características de atuação).

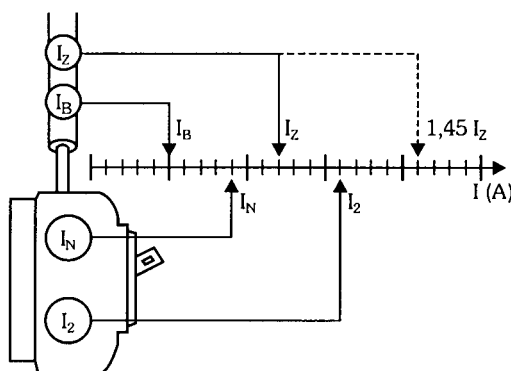


Figura 12.7 - Condições de atuação contra sobrecarga (NBR 5410/90).

A **tabela 12.1** mostra os valores da corrente convencional de atuação (I_2).

Tabela 12.1 - Correntes convencionais de atuação, de não atuação e tempos convencionais para disjuntores termomagnéticos.

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

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

12.3.1.8. Tabelas de Capacidade dos Disjuntores Termomagnéticos

Tabela 12.2 - Disjuntores termomagnéticos UNIC. Cortesia: Pial-Legrand/Bticino.


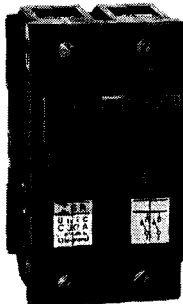
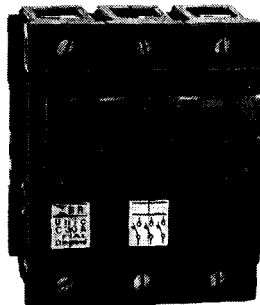
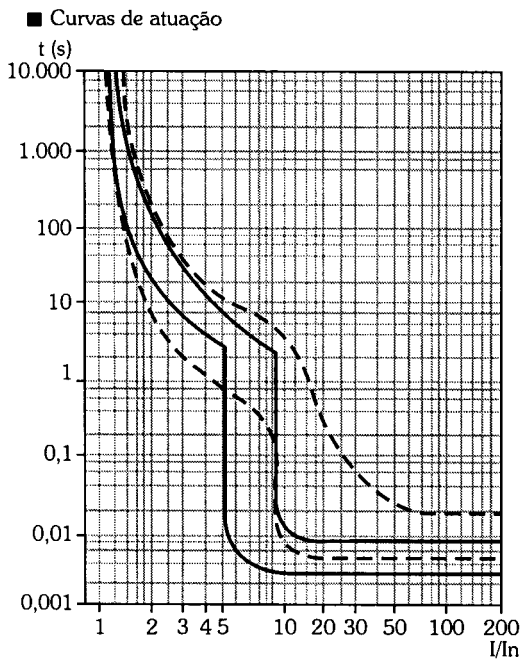
Modelo	Corrente Nominal (A)	Modelo	Corrente Nominal (A)	Modelo	Corrente Nominal (A)
Unipolar		Bipolar		Tripolar	
	10		10		10
	15		15		15
	20		20		20
	25		25		25
	30		30		30
	35		35		35
	40		40		40
	50		50		50
	60		60		60
	70		70		70
			90		90
			100		100

Tabela 12.3 - Características elétricas dos disjuntores UNIC - Bolt-on.

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

12.3.1.9. Curvas de Atuação e Características I^2t (Integral de Joule) - Disjuntores UNIC - Bolt-on

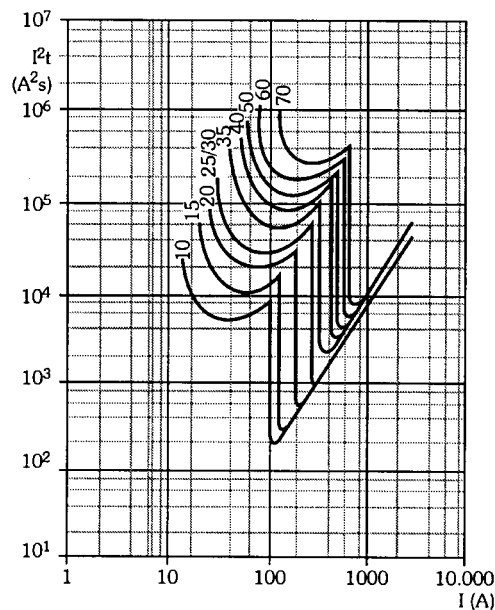
Curva de Atuação



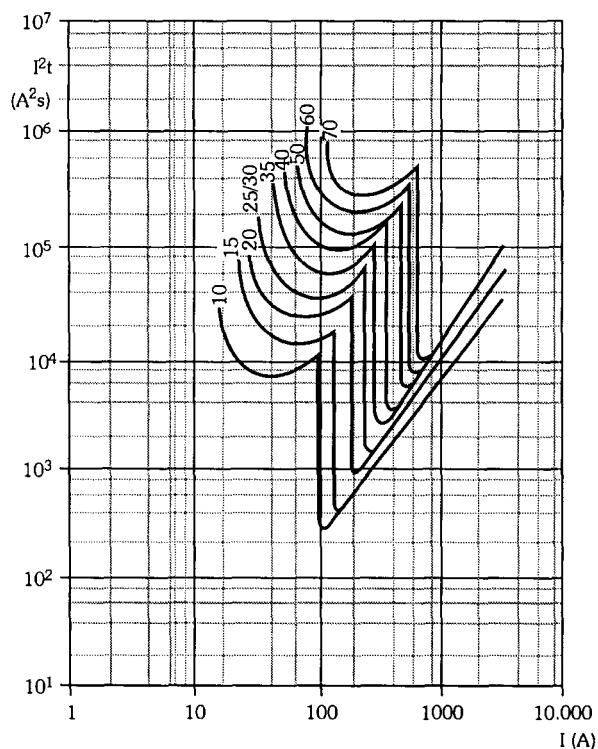
- Característica de atuação com partida a frio a uma temperatura ambiente de 20°C. Disjuntores de 10 a 70 A.
- - - Característica de atuação com partida a frio a uma temperatura ambiente de 40°C. Disjuntores de 90 a 100 A.
- I = Corrente efetiva
- I_n = Corrente nominal do disjuntor

Característica I^2t (Integral de Joule)

■ Unipolares



▪ **Bipolares**



▪ **Tripolares**

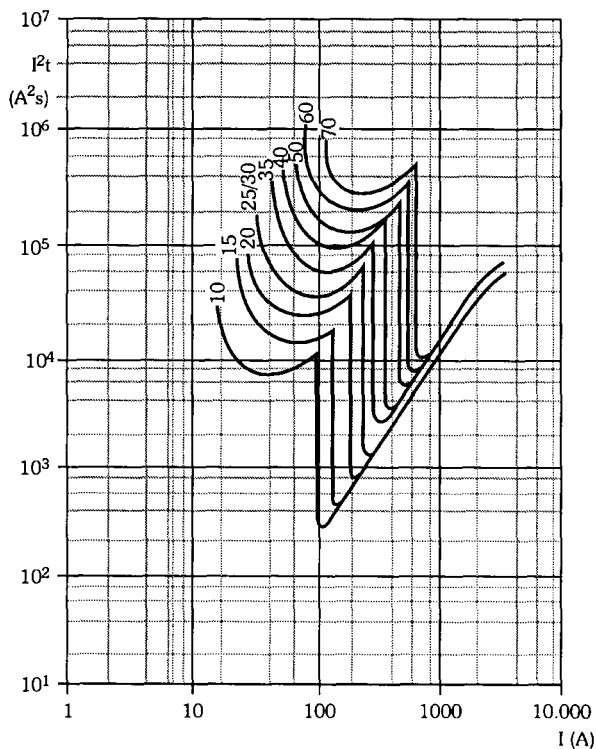
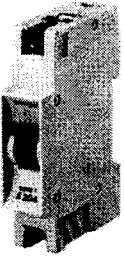
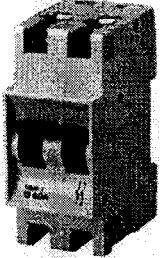
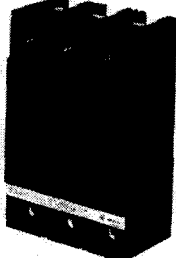
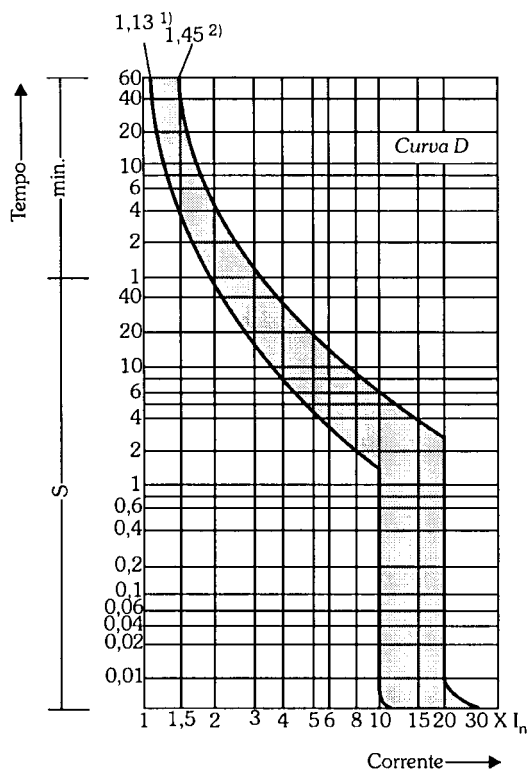
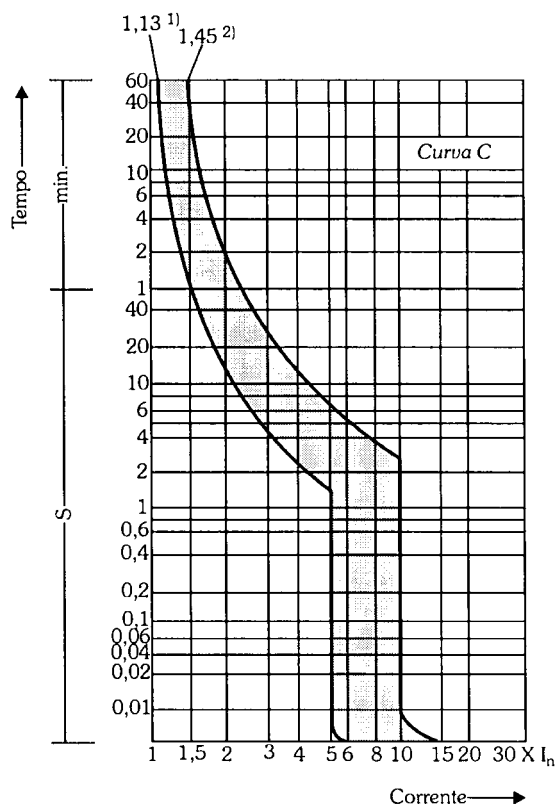
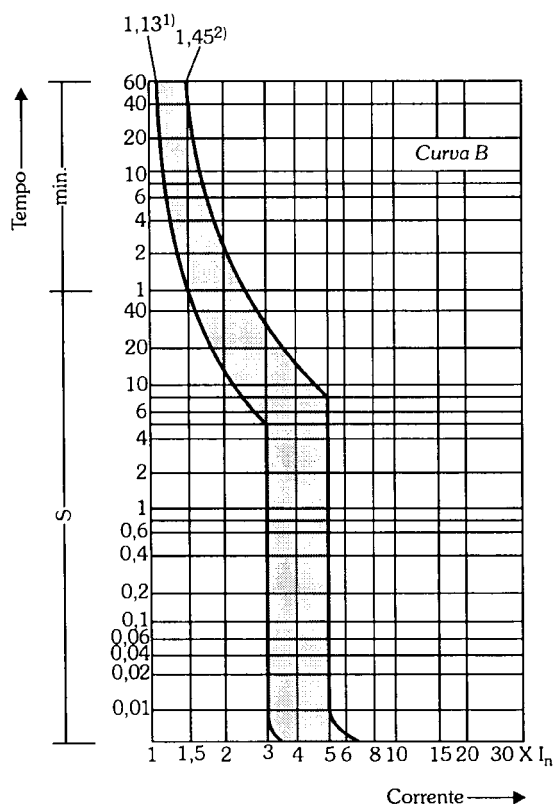


Tabela 12.4 - Disjuntores termomagnéticos Siemens (Curva de Atuação C).

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

Para os modelos 5SX existem o unipolar e o tripolar com neutro (*somente com dispositivo de proteção eletromagnética).

12.3.1.10. Curvas Característica de Disparo - Disjuntores Siemens



Notas: 1. Corrente convencional de não-atuação (I_{nt}); 2. Corrente convencional de atuação (I_t).

12.3.1.11. Exemplos de Dimensionamento

Para o dimensionamento do disjuntor vamos retomar os exemplos dados no dimensionamento dos condutores, lembrando que os disjuntores devem ser dimensionados em função da capacidade máxima admissível pelos condutores.

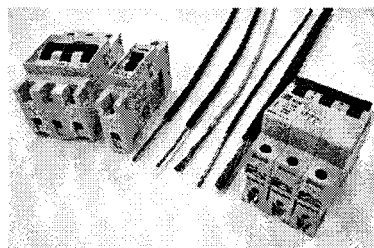
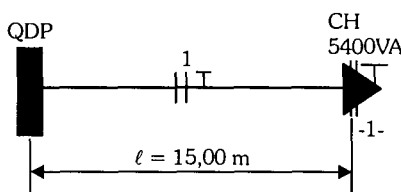


Figura 12.8

Exemplo 1

Dimensionar os condutores e o disjuntor para proteção de um circuito de chuveiro com as seguintes características: $S = 5400\text{VA}$; $V = 220\text{ V}$, com dois condutores carregados, sendo utilizados condutores isolados de cobre com isolamento de PVC, instalados em eletroduto embutido em alvenaria (linha B1), onde existe um outro circuito, sendo 30°C a temperatura ambiente e o comprimento desde o QD é $15,0\text{ m}$. (Conforme exemplo 1 da página 254).

Esquema



Solução

1. Cálculo da Corrente de projeto

A escolha da seção do condutor, pelo **Critério da Corrente Máxima**, é retirada da **Tabela 10.10, Coluna 6 (B1, 2cc)**, em função da corrente de projeto calculado.

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{5400}{220} \Rightarrow I_p = 24,5\text{ A}$$

...32 A.... Seção do condutor 4 mm^2 .

2. Determinação da seção do condutor pelo Critério da Queda de Tensão

De acordo com a Tabela 10.22 - Coluna 5, obtemos $16,9\text{ V/Axkm}$ (valor imediatamente inferior a $\Delta V_{\text{unit}} = 17,6\text{ V/Axkm}$) que corresponde ao condutor de seção...

... 24 A Seção do condutor $2,5\text{ mm}^2$.

... Adota-se o condutor de maior seção: 4 mm^2 .

3. Escolha do Disjuntor

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

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

Procedimento

a) Disjuntor para quadro de distribuição ventilado:

- I_p - Corrente de projeto.
- I_c - Tabela 10.10, Coluna 6 (B1, 2cc).
- FCA - Tabela 10.16 - 1 circuito em eletroduto embutido em alvenaria.
- FCT - Tabela 10.14 - temperatura ambiente 30°C do condutor.
- I_n - Capacidade do disjuntor - Tabela 12.3.

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z & I_z &= I_c \times FCA \times FCT \\ 24,5A &\leq I_n \leq 32A & I_z &= 32 \times 1 \times 1 \\ 24,5A &\leq \mathbf{25 A} \leq 32A & I_z &= \mathbf{32 A} \end{aligned}$$

Disjuntor bipolar de 25 A que satisfaz a inequação anterior.

b) Disjuntor para quadro sem ventilação:

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

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

- FCT - Tabela 10.14 - 40°C - temperatura do disjuntor.
- I_n - Tabela 12.3 - valor imediatamente superior ao calculado.

Correção de temperatura do disjuntor:

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_n}{FCT} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = \frac{25}{0,87} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = \mathbf{28,74 A}$$

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 24,5A &\leq \mathbf{30A} \leq 32A \end{aligned}$$

**A inequação é plenamente atendida, portanto ...
disjuntor termomagnético bipolar de 30 A.
E o condutor permanece o mesmo, ou seja, 4 mm².**

Observando...

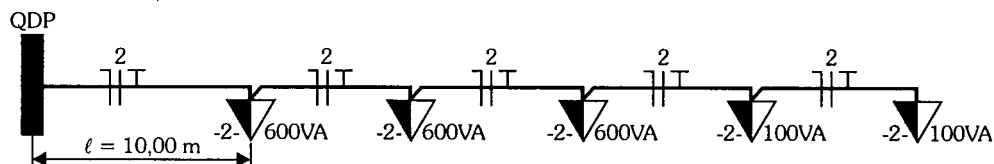
Caso fosse utilizado o **condutor 2,5 mm²**, calculado anteriormente no item 2, a inequação não satisfaz, portanto o condutor também não é adequado.

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 24,5A &\leq \mathbf{30A} \leq 24A \end{aligned}$$

**Os valores que devem ser lançados são disjuntores termomagnéticos de 30 A.
Seção dos Condutores Fase e Proteção(PE): 4 mm²,
que corresponde ao exemplo da página 254.**

Exemplo 2

Seja o esquema seguinte, conforme exemplo da página 255.



Solução

1. Pelo Critério da Capacidade de Condução de Corrente

Cálculo da corrente de projeto

$$I_p = \frac{S}{V} \Rightarrow I_p = \frac{2000}{127} \Rightarrow I_p = 15,7A$$

Consultando a **Tabela 10.10, Coluna 6 (B1, 2cc)**, encontramos o valor **17,5A** (imediatamente superior a **15,7A**) e encontramos....

... 17,5 A ... Seção do condutor 1,5 mm².

No entanto, como é um circuito de tomada de corrente, a seção dos condutores é

... 24 A... Seção do condutor 2,5 mm².

2. Pelo Critério da Queda de Tensão

De acordo com a **Tabela 10.22 - Coluna 5**, obtemos $\Delta V_{unit.} = 33,95 \text{ V/Axkm}$, valor inferior a **27,6 V/Axkm**, que daria um condutor de seção **1,5mm²**, mas como é circuito de força (tomada de corrente),

... 24 A... Seção do condutor 2,5 mm².

3. Escolha do Disjuntor

Como todos os quadros de distribuição para residências não são ventilados, adotamos como temperatura interna do quadro 40°C.

a) Com ventilação

- **FCT** - Tabela 10.14 - do condutor 30°C.
- **I_n** - Tabela 12.3 - valor imediatamente superior.
- **I_c** - Tabela 10.10 - coluna 6 (B1, 2cc).
- **FCA** - Tabela 10.16 - um circuito no eletroduto.

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_n \leq I_z \\ 15,7A &\leq I_n \leq 24A \\ 15,7A &\leq \mathbf{20A} \leq 24A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_z &= I_c \times FCA \times FCT \\ I_z &= 24 \times 1 \times 1 \\ \mathbf{I_z} &= \mathbf{24 A} \end{aligned}$$

b) Sem ventilação

- **FCT** - Tabela 10.14 - do disjuntor 30°C + 10°C = 40°C.
- **FCA** - Tabela 10.16 - um circuito no eletroduto.
- **I_n** - Tabela 12.3 - valor imediatamente superior.
- **I_c** - Tabela 10.10 - coluna 6 (B1, 2cc).

Correção da temperatura do disjuntor:

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_n}{\text{FCT}} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = \frac{20}{0,87} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = 23\text{A}$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$15,7\text{A} \leq I_n \leq 24\text{A}$$

$$15,7\text{A} \leq \mathbf{25\text{A}} \leq 24\text{A}$$

Neste caso a inequação não satisfaz, portanto devemos adotar a seção do condutor imediatamente superior, ou seja...

... 32 A ... Seção dos condutores Neutro, Fase e Proteção(PE) será 4 mm².

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$15,7\text{A} \leq \mathbf{25\text{A}} \leq 32\text{A}$$

$$I_z = I_c \times \text{FCA} \times \text{FCT}$$

$$I_z = 32 \times 1 \times 1$$

$$I_z = \mathbf{32\text{ A}}$$

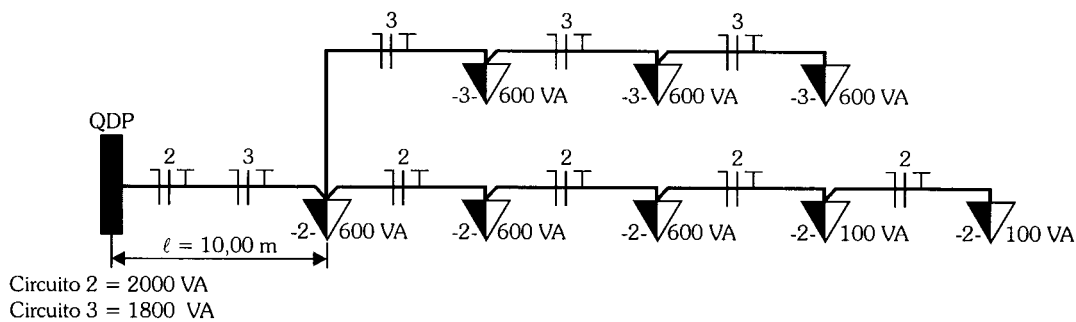
Portanto, a seção dos condutores do exemplo 2 da página 255 deve passar de **2,5 mm²** para **4 mm²** e o disjuntor...

Disjuntor termomagnético unipolar de 25 A.
Seção dos condutores Neutro, Fase e Proteção(PE) 4 mm².

Exemplo 3

Seja o esquema seguinte, conforme exemplo da página 256.

Esquema:



1. Pelo Critério da Capacidade de Corrente

- Circuito 1 - $I_p = 15,7\text{ A} \dots 24\text{ A} \dots$ Seção do condutor 2,5 mm².
- Circuito 2 - $I_p = 14,2\text{ A} \dots 24\text{ A} \dots$ Seção do condutor 2,5 mm².

2. Pelo Critério da Queda de Tensão

- Circuito 1 - ... 24 A ... Seção do condutor 2,5 mm².
- Circuito 2 - ... 24 A ... Seção do condutor 2,5 mm².

3. Escolha do disjuntor

- FCT - Tabela 10.14 do condutor 30°C.
- FCA - Tabela 10.16 - dois circuitos no eletroduto.
- I_n - Tabela 12.3
- I_c - Tabela 10.10 - Coluna 6 (B1, 2cc).

a) Com ventilação

Circuito 1:

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$
$$15,7A \leq 20A \leq 19,2A$$

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT$$

$$I_z = 24 \times 0,8 \times 1$$

$$I_z = 19,2 A$$

Não satisfaz a inequação, passamos para ... **32 A** ... **Seção do condutor 4 mm²**.

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$
$$15,7A \leq 20A \leq 25,6 A$$

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT$$

$$I_z = 32 \times 0,8 \times 1$$

$$I_z = 25,6 A$$

Disjuntor termomagnético unipolar de 20 A.
Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 4 mm².

Circuito 2:

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$
$$14,2A \leq 15A \leq 19,2 A$$

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT$$

$$I_z = 24 \times 0,8 \times 1$$

$$I_z = 19,2 A$$

A inequação é plenamente atendida, portanto..

Disjuntor termomagnético unipolar de 15 A.
Seção dos condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 2,5 mm².

b) Sem ventilação

- FCT = 1 - Tabela 10.14 - temperatura do condutor 30°C.
- FCT = 0,91 - Tabela 10.14 - temperatura no Quadro 40°C.
- I_n = Tabela 12.3.
- I_c = Tabela 10.10 - coluna 6 (B1, 2cc).

Circuito 1:

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_n}{FCT} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = \frac{20}{0,87} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = 23A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$15,7A \leq 25A \leq 25,6 A$$

A inequação é plenamente atendida, portanto...

Disjuntor termomagnético unipolar de 25 A.
Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 4 mm².

Circuito 2:

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_n}{FCT} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = \frac{15}{0,87} \Rightarrow I_{\text{disjuntor}} = 17,2A$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$14,2A \leq 20A \leq 19,2A$$

A inequação não é atendida. Devemos aumentar a seção dos condutores... **32A ... Seção dos condutores 4 mm².**

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$
$$14,2A \leq 20A \leq 25,6 A$$

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT$$
$$I_z = 32 \times 0,8 \times 1$$
$$I_z = 25,6 A$$

A inequação é plenamente atendida, portanto...

**Disjuntor termomagnético unipolar de 20A.
Seção dos condutores Neutro, Fase e Proteção(PE) 4 mm².**

Conclusão: Os condutores calculados para o exemplo 3, da página 256, tanto para o circuito 1 como para o circuito 2, de seção dos condutores 2,5 mm², devem ser substituídos por condutores de seção 4 mm².

12.3.2. Fusíveis

12.3.2.1. Introdução

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

12.3.2.2. Características Elétricas

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

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

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

12.3.2.3. Tipos de Fusível

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

12.3.2.4. Fusíveis de Baixa Tensão

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

Acessórios para fusíveis Diazed

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



Figura 12.9 - Chave para parafuso de ajuste. Cortesia: Siemens.

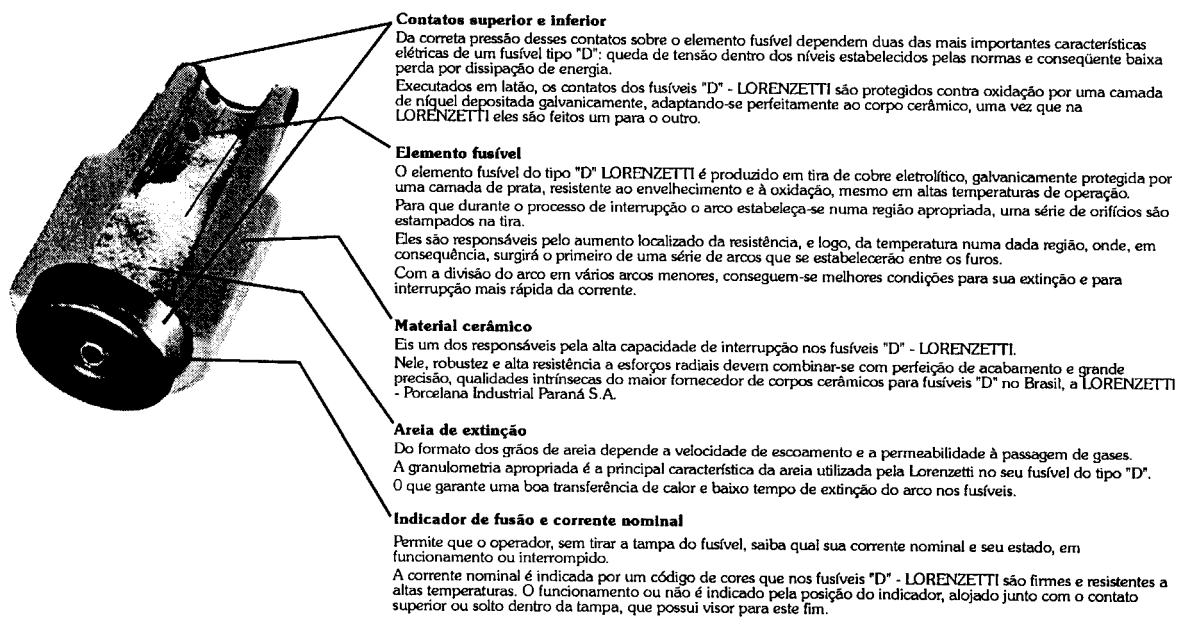


Figura 12.10 - Componentes do fusível do tipo "D". Cortesia: Lorenzetti.

12.3.2.5. Curva Característica Tempo-Corrente

Em funcionamento, deve o fusível obedecer a uma característica, tempo de desligamento - corrente circulante perfeitamente conhecida (figura 12.11).

Observa-se que as duas grandezas em questão são inversamente proporcionais, o que aliás é uma condição necessária, porque quanto maior a corrente circulante, menor o tempo no qual o fusível terá de desligar ou queimar.

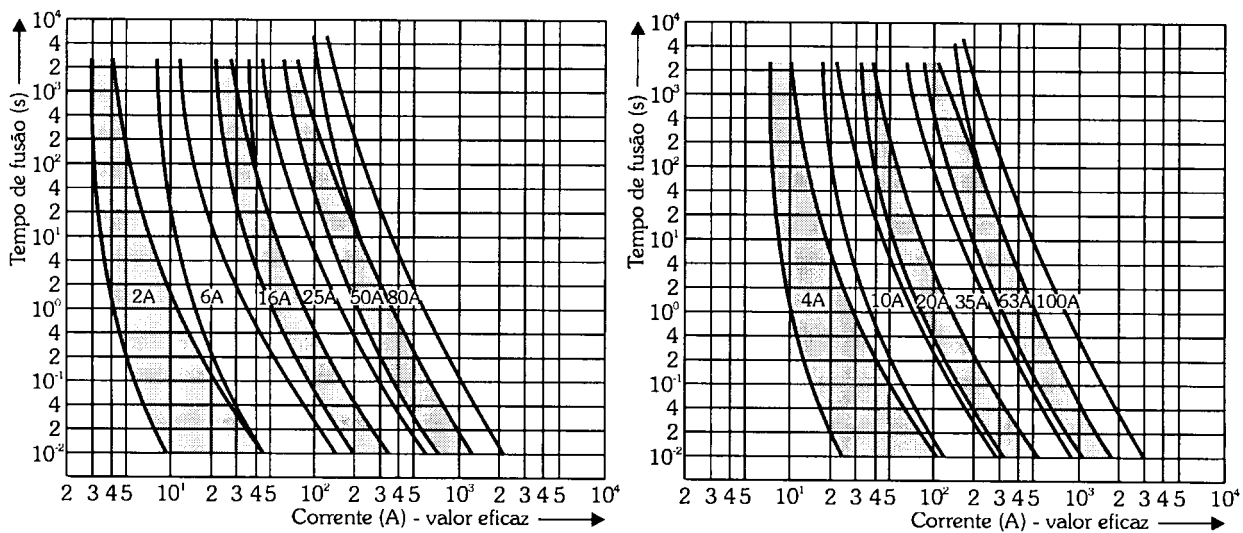


Figura 12.11 - Curvas características tempo/corrente para fusíveis Diazed. Cortesia: Siemens.

DIAZED:
DIA - Diâmetro
Z - duas partes (bipartido)
ED - Rosca do tipo Edson

Nota: A NBR 11844 se refere aos fusíveis Diazed como do tipo "D" para uso por pessoas não qualificadas.

SILIZED/SITOR: esses fusíveis têm como característica serem ultra-rápidos da curva tempo/corrente. São, portanto, ideais para a proteção de aparelhos equipados com semicondutores (tiristores e diodos) em retificadores e conversores.

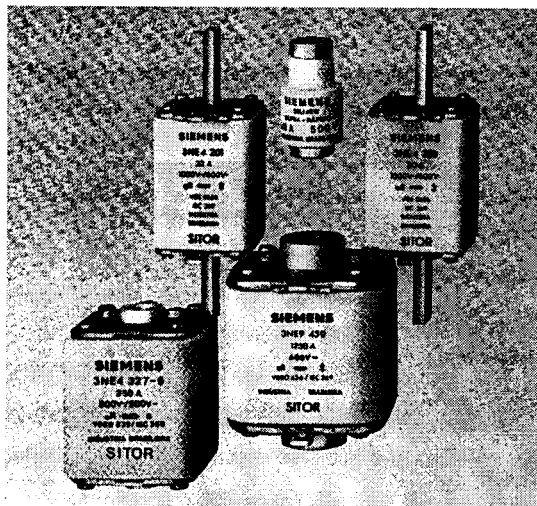


Figura 12.12 - Fusíveis Silized/Sitor. Cortesia: Siemens.

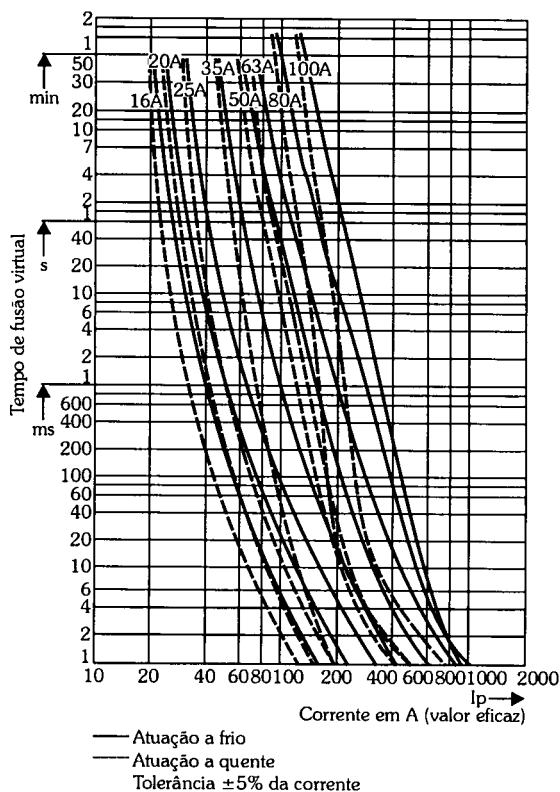


Figura 12.13 - Curva característica tempo/corrente para fusíveis Silized. Cortesia: Siemens.

NEOZED: fusíveis de menores dimensões e com característica retardo da atuação, utilizados para proteção de redes de energia elétrica e circuitos de comando.

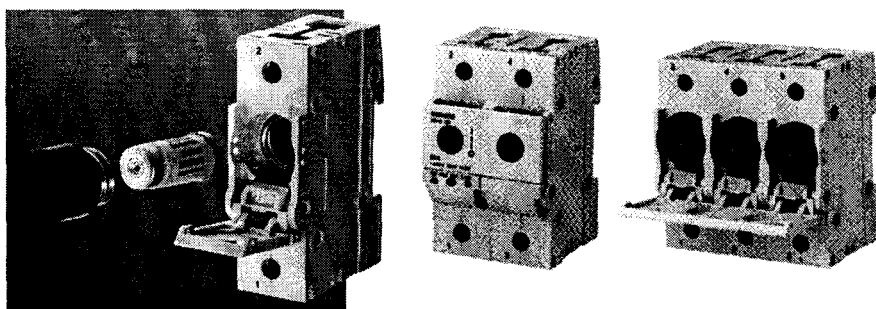


Figura 12.14 - Fusível Neozed e seccionadora-fusível sob carga MINIZED, unipolar, bipolar e tripolar. Cortesia: Siemens.

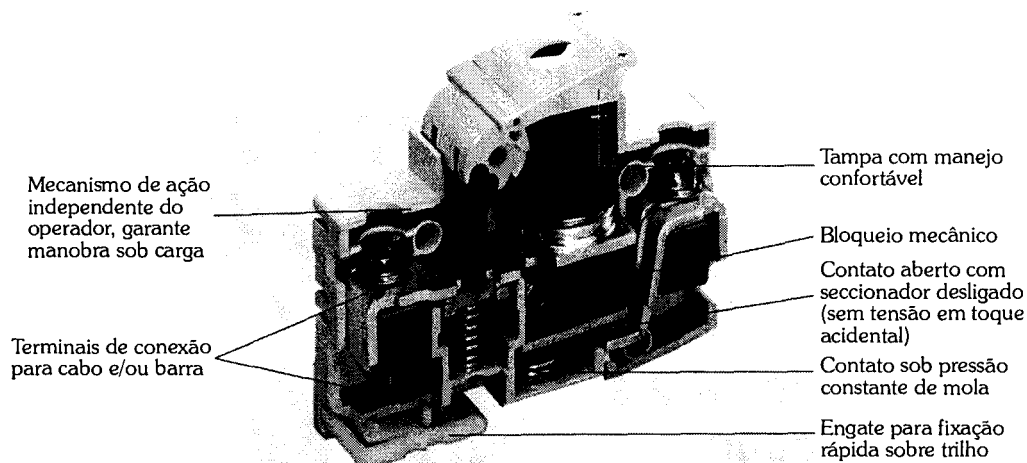


Figura 12.15 - Vista em corte da seccionadora-fusível MINIZED. Cortesia: Siemens.

Fusíveis NH: os fusíveis limitadores de corrente NH reúnem as características de fusível retardado para correntes de sobrecarga e de fusível rápido para correntes de curto-circuito.

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

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

NH:
N - Baixa tensão
H - Alta capacidade de interrupção.

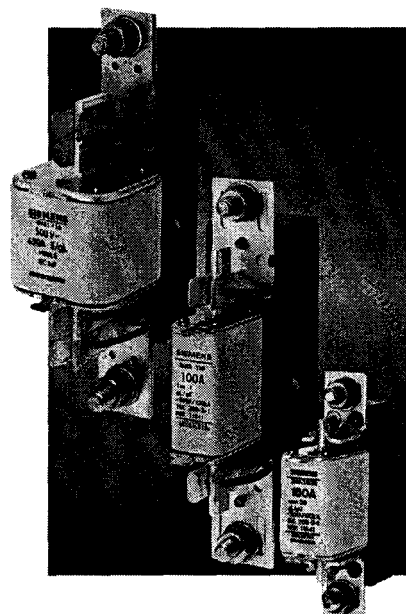


Figura 12.16 - Fusível tipo NH. Cortesia: Siemens.

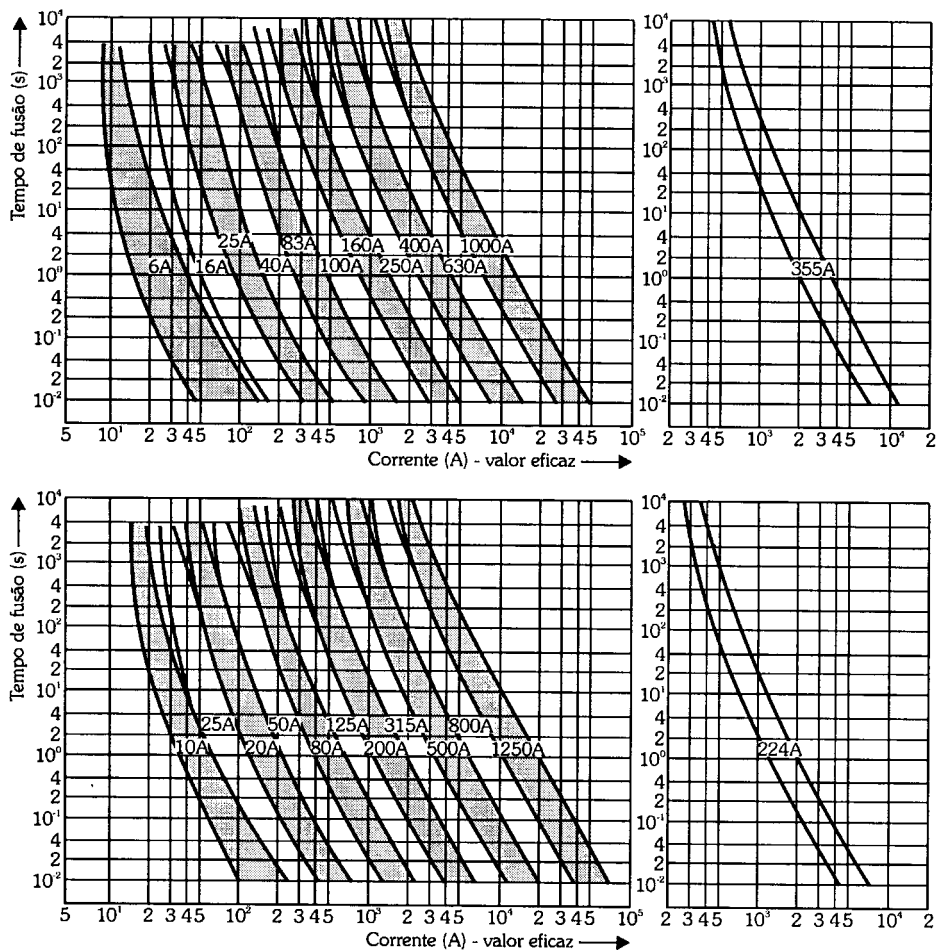


Figura 12.17 - Curvas características tempo/corrente (zona tempo-corrente). Cortesia: Siemens.

- **Categoria de utilização:** gG (para aplicação geral e com capacidade de interrupção em toda zona tempo-corrente).
- **Tensão nominal:** 500 VCA/250 VCC.
- **Capacidade de interrupção nominal:** 120 kA até 500 VCA; 100 kA até 250 VCC.

Acessórios para fusíveis NH

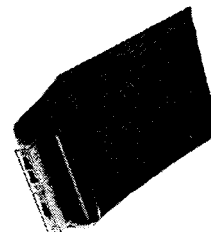
- **Base:** possui contatos especiais prateados, que garantem contato perfeito e alta durabilidade. Uma vez retirado o fusível, a base constitui uma separação visível das fases, tornando-se dispensável, em muitos casos, a utilização de um seccionador adicional.
- **Punho:** destina-se à colocação ou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



Figura 12.18 - Base pura fusível NH.



3NX1011



3NX1012

Figura 12.19 - Base pura fusível NH.

Fusível do Tipo Cartucho

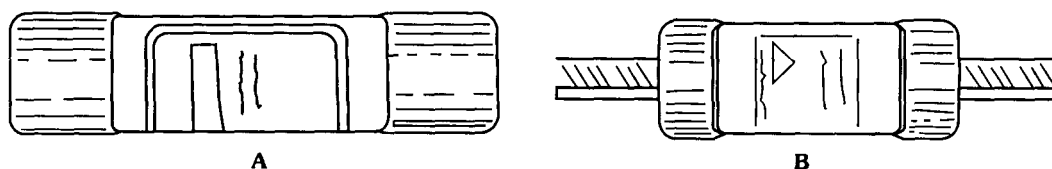


Figura 12.20 - Tipos de fusíveis Cartucho: A - Virola; B - Faca ou lâmina.

Fusível do Tipo Rolha

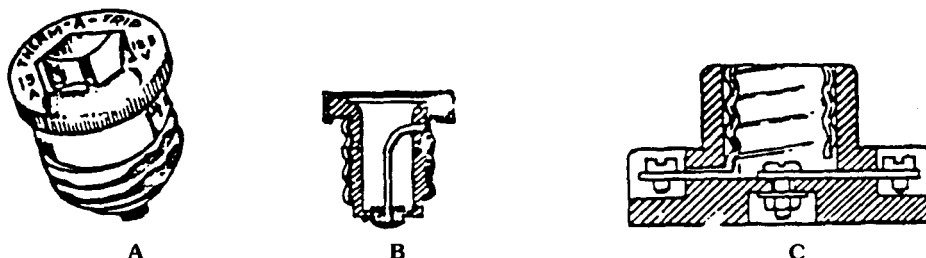


Figura 12.21 - A - Fusível do tipo rolha; B - Vista em corte; C - Base para fusível do tipo rolha.

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

Característica de Desligamento

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

12.3.2.6. Precauções a Serem Tomadas nas Substituições de Fusíveis

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

12.4. Proteção contra Choques Elétricos e Efeitos Térmicos

12.4.1. Disjuntores e Interruptores Diferenciais Residuais (DR)

12.4.1.1. Introdução

"Os **disjuntores diferenciais** exercem múltiplas funções, pois, além de realizarem proteção dos condutores contra sobrecorrentes, garantem a **proteção das pessoas contra choques elétricos** e a **proteção dos locais contra incêndios**, nas condições descritas pela Norma Brasileira de Instalações Elétricas, a NBR 5410:2004. Além disso, esses disjuntores são ideais para controlar o isolamento da instalação, impedindo o desperdício de energia por fuga excessiva de corrente e assegurando a qualidade da instalação". (Fonte: Pial-Legrand/Bticino)

"Os estudos iniciais sobre proteção por interrupção de corrente de fuga começaram na década de 1920. Após muitos testes, foi admitida, em 1958, como medida de proteção contra tensões de contato muito altas, conforme determina a norma VDE 010 - Normas de equipamentos de tensão até 1.000 V. Já nesse período se reconheceu o alto valor de proteção da interrupção da corrente de fuga, que aumentou consideravelmente com a introdução de interruptores de proteção ou disjuntores diferenciais com uma corrente nominal de fuga de 30 mA a 500 mA. Com isso não se consegue somente alta proteção em **contato indireto**, mas também alta proteção de vidas humanas em **contato direto** com partes que conduzem corrente elétrica.

Em caso de defeito na isolação, as correntes de fuga passam à fonte de tensão (**figuras 12.22, 12.23 e 12.24**). Os disjuntores ou interruptores diferenciais percebem ou captam a corrente de fuga e se desligam, quando ultrapassam a corrente nominal de fuga. Porém, em caso de defeito nas isolações, não somente pode aparecer uma tensão de contato excessivamente elevada, como pode ser provocada por um incêndio através de um arco voltaico, originado pela corrente do circuito à terra.

A interrupção da corrente de fuga baseia-se em princípio de "vigiar" os circuitos contra essas correntes indesejáveis e altamente prejudiciais às instalações elétricas, ao patrimônio e principalmente aos usuários". (Extraído da **Revista Siemens VII- 3/87**)

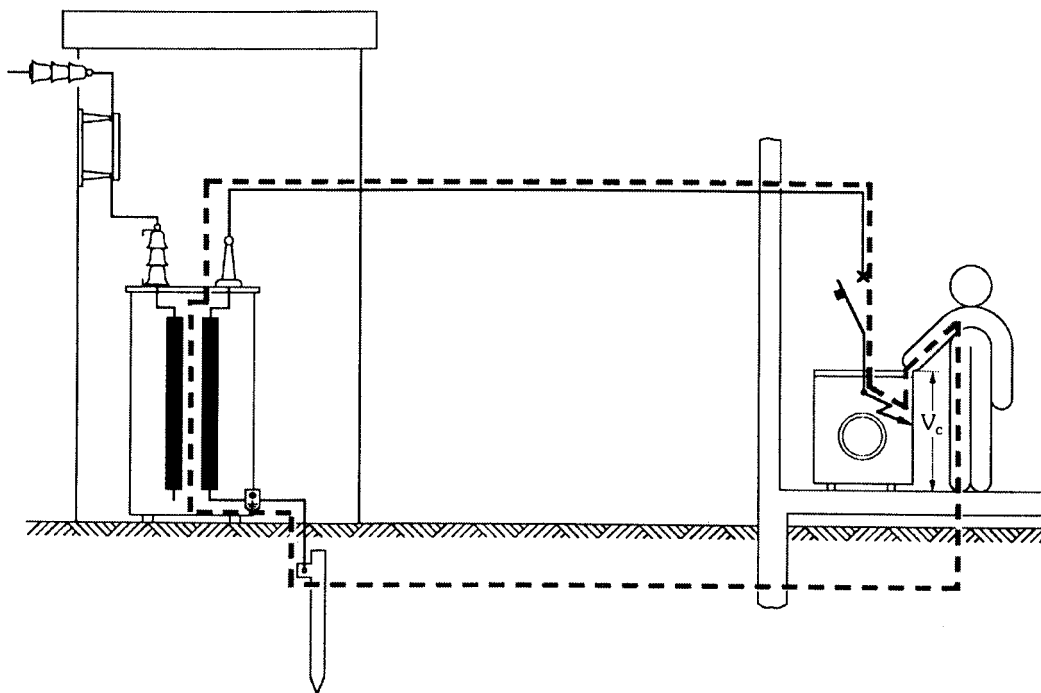


Figura 12.22 - Nos sistemas TN e TT, a conexão à terra na cabina favorece recirculação da corrente através do corpo humano, o que torna indispensável a proteção ativa. Cortesia: Pial-Legrand/Bticino.

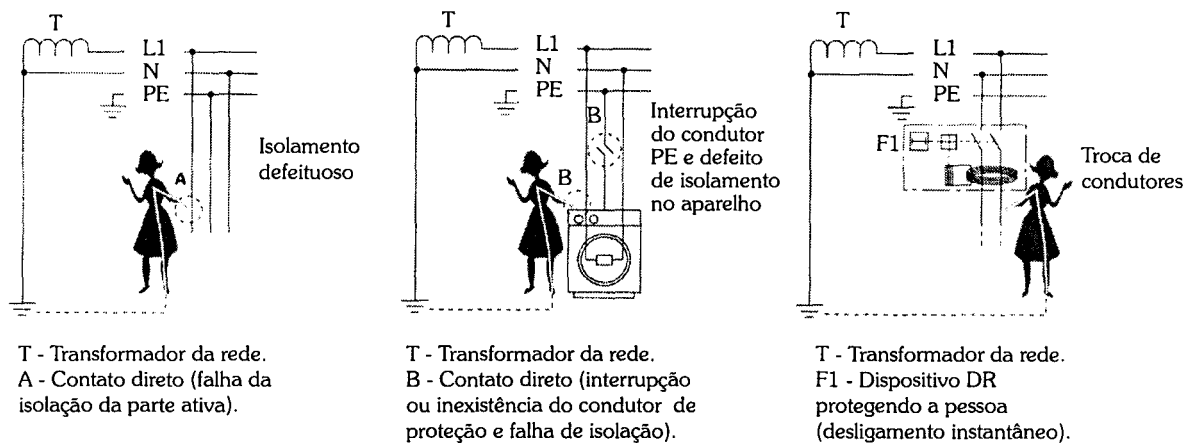


Figura 12.23 - Exemplos de contatos diretos com partes ativas da instalação. Cortesia: Siemens.

12.4.1.2. Correntes de Falta

Se uma pessoa tocar as partes ativas de uma instalação, duas resistências são fundamentais para a determinação da corrente de falta à terra:

1. A resistência interna das pessoas (R_M);
2. A resistência da ligação à terra (R_{st}).

Em caso de acidente, a situação mais desfavorável consiste em considerar nula a resistência de ligação à terra. A resistência do corpo humano à passagem da corrente elétrica depende do caminho percorrido pela corrente. Dois valores podem ser considerados: a resistência entre as mãos ou entre a mão e o pé. O valor médio é de 1.000 ohms. Para uma tensão de falha de 220 VCA, a corrente que circula pelo corpo humano é de 220 mA (110 mA em 110 VCA).

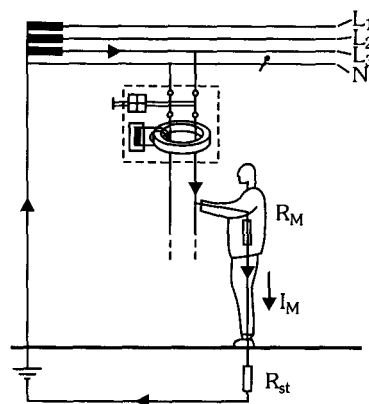


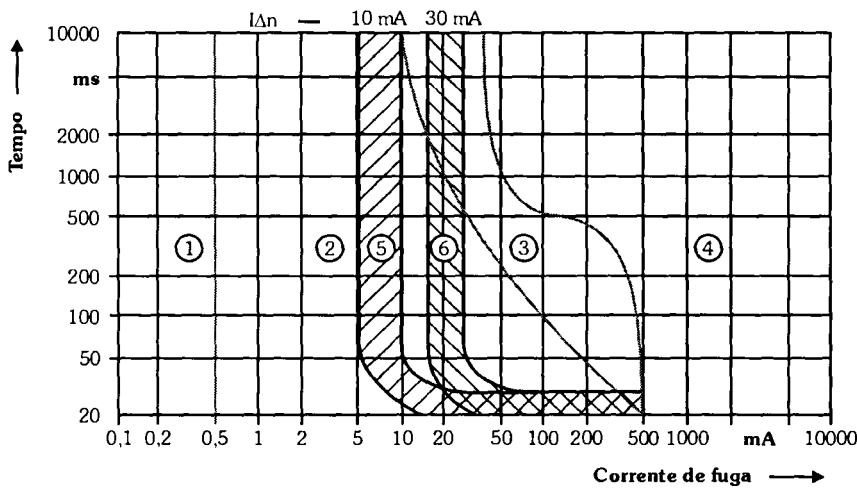
Figura 12.24 - Esquema de princípio: proteção suplementar contra contatos diretos com partes ativas da instalação. Cortesia: Siemens.

12.4.1.3. Reações Fisiológicas

A **figura 12.25** mostra as zonas tempo/corrente dos efeitos da corrente alternada, bem como as reações fisiológicas sobre as pessoas.

Como podemos observar, a zona 4, que é a situação mais crítica, corresponde aos valores tempo corrente perigosos, e pode provocar fibrilações cardíacas e, por conseqüência, a morte. A curva de disparo dos dispositivos DR de $I_{\Delta N} \leq 30$ mA também pode ser vista na figura. Analisando cuidadosamente a figura, observa-se que o dispositivo DR dispara em 30 ms, ou seja, muito antes do tempo determinado pela NBR 5410:2004.

Podemos concluir seguramente que os dispositivos DR com corrente de falta nominal de $I_{\Delta N} \leq 30$ mA asseguram a proteção das pessoas, mesmo quando a corrente elétrica flui pelo corpo humano, devido a um contato direto com partes ativas da instalação.



Zona 1 - Nenhum efeito perceptível.

Zona 2 - Efeitos fisiológicos geralmente não-danosos.

Zona 3 - Efeitos fisiológicos notáveis (parada cardíaca, parada respiratória, contrações musculares).

Zona 4 - Elevada probabilidade de efeitos fisiológicos graves e irreversíveis (fibrilação cardíaca, parada respiratória).

Zonas 5 e 6* - Faixas de atuação dos dispositivos DR ou disjuntores DR.

Figura 12.25 - Zonas tempo x corrente dos efeitos da corrente alternada sobre as pessoas. Cortesia Siemens.

* Conforme IEC 1008, o valor máximo da corrente residual de não disparo ($I_{\Delta no}$) é igual a 0,5 vezes a corrente nominal residual ($I_{\Delta n}$).

12.4.1.4. Prescrições da NBR 5410:2004 sobre o Uso de DR's

A **NBR 5410:2004** estabelece as prescrições mínimas quanto à aplicação dos dispositivos DR. Trata-se de um dispositivo de proteção reconhecidamente mais eficaz na proteção contra choques elétricos que, além de tornar mais seguras e confiáveis as instalações elétricas de baixa tensão, constitui-se também uma garantia da "qualidade da instalação", devido ao fato de que os dispositivos DR's não admitem correntes de fuga ou de faltas excessivas, contribuindo para a redução das perdas por efeito joule, o que contribui para a conservação de energia.

A seguir são indicados os itens da **NBR 5410:2004** que contêm as prescrições sobre o uso de dispositivos DR:

1. Recomenda-se o uso de dispositivos DR de alta sensibilidade ($I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$), como medida adicional na proteção contra contatos diretos.
2. Uso de DR's na proteção contra contatos indiretos em instalações com esquema TN, quando não puder ser cumprida a condição de proteção.
3. No esquema TN, podem ser usados os seguintes dispositivos na proteção contra contatos indiretos:
 - dispositivos de proteção a sobrecorrentes;
 - dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivo DR).
4. Recomenda-se a utilização de dispositivos DR de alta sensibilidade $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ na proteção de circuitos terminais que sirvam a: (Instalação TN)
 - tomadas de corrente em cozinhas, lavanderias, locais com pisos e/ou revestimentos não isolantes (BC3) e áreas externas;
 - tomadas de corrente que, embora instaladas em áreas internas, possam alimentar equipamentos de uso em áreas externas; e
 - aparelhos de iluminação instalados em áreas externas.

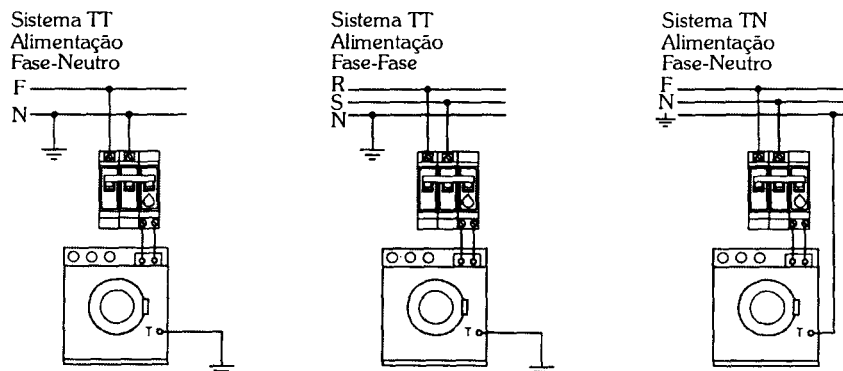


Figura 12.26 - Proteção de aparelhos individuais de sistemas TT e TN. Cortesia Bticino.

Nota: A proteção dos circuitos terminais pode ser realizada individualmente ou por grupos de circuitos.

5. O dispositivo DR de baixa sensibilidade $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ é reconhecido como proteção adicional contra choques elétricos (5.1.3.2.1.1).
6. O uso do dispositivo DR visa situações como as de falha de outros meios de proteção e de descuido ou imprudência do usuário (nota de 5.1.3.2.1.1).
7. O dispositivo DR não é reconhecido como uma medida de proteção completa. Não podem ser dispensadas medidas de proteção adicionais, tais como equipotencialização e seccionamento automático de alimentação (5.1.2.2) e uso de extrabaixa tensão: SELV e PELV (5.1.2.5) - (5.1.3.2.1.2).
8. **Obrigatoriedade do uso do dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade (DR) - (5.1.3.2.2)**
Além dos locais que contenham banheira ou chuveiro, e qualquer que seja o esquema de aterramento deve possuir proteção DR de alta sensibilidade $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$:
 - a) Os circuitos que sirvam pontos de utilização situados em locais com banheira ou chuveiro.
 - b) Os circuitos que alimentem tomadas de corrente situados em áreas externas à edificação.
 - c) Os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir alimentar equipamentos no exterior.
 - d) Os circuitos que, em locais de habitação, sirvam pontos de utilização situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.
 - e) Os circuitos que, em edificações não-residenciais, sirvam pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

Notas: 1. No que se refere a tomadas de corrente, a exigência de proteção adicional por DR se aplica às tomadas com corrente nominal de até 32 A. 2. A exigência não se aplica em esquema IT, visando garantir a continuidade do serviço e por questões de segurança, tais como: na alimentação de salas cirúrgicas ou de serviços de segurança. 3. Admite-se a exclusão, na alínea d), dos pontos de iluminação posicionados a uma altura igual ou superior a 2,5 m. 4. Se houver a possibilidade do desligamento eventual de congeladores, na hipótese da ausência de pessoas por períodos prolongados, e que isso possa acarretar perdas ou conseqüências sanitárias relevantes, recomenda-se que as tomadas de corrente sejam protegidas por dispositivo DR de alta imunidade a perturbações transitórias. 5. A proteção dos circuitos pode ser realizada individualmente, por ponto de utilização ou por circuitos ou por grupo de circuitos.

9. Prescrições relativas ao uso do dispositivo DR nos esquemas TN, TT e IT (6.3.3.1).
10. O uso do dispositivo DR não dispensa, em nenhuma hipótese, o uso de condutor de proteção. Todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão (nota de 6.3.3.2).
11. Em circuitos de corrente contínua só devem ser usados DR capazes de detectar correntes diferenciais-residuais contínuas. E deve ser capaz de desligar tanto em condições normais quanto em situações de falta (6.3.3.2.1). Neste caso deve-se utilizar **dispositivo DR do tipo B**.
12. Em circuitos de corrente alternada nos quais a corrente de falta possui componente contínua. Neste caso deve-se utilizar **dispositivo DR tipo A** (6.3.3.2.2 e nota).
13. Em circuitos de corrente alternada nos quais não se prevêem correntes de falta que não sejam senoidais. São exemplos de dispositivos DR capazes de detectar correntes diferenciais-residuais senoidais, apenas os **dispositivos DR do tipo AC** (6.3.3.2.3 e nota).

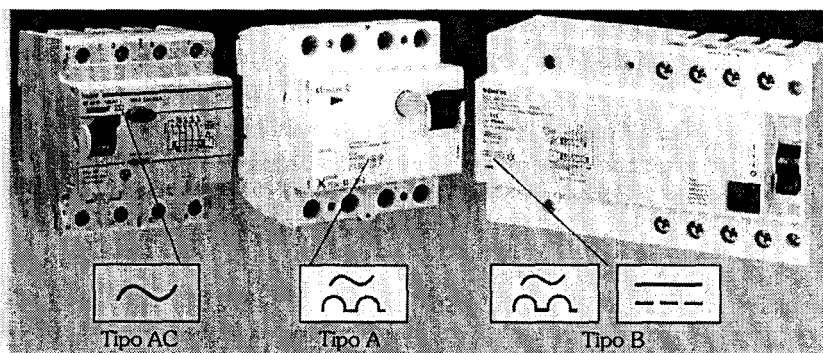


Figura 12.27 - No DR do tipo AC detecta apenas correntes residuais alternadas; o tipo A é sensível a correntes alternadas e correntes contínuas pulsantes (c.a. retificada) e o tipo B é sensível a correntes contínuas puras (lisas), correntes contínuas pulsantes e correntes alternadas.
Cortesia: Revista EM - Eletricidade Moderna.

14. Associação entre dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (DR) e dispositivo de proteção contra sobrecorrentes (6.3.7.2).
15. Método de Ensaio do DR (Anexo H da NBR 5410:2004, páginas 200 e 201).

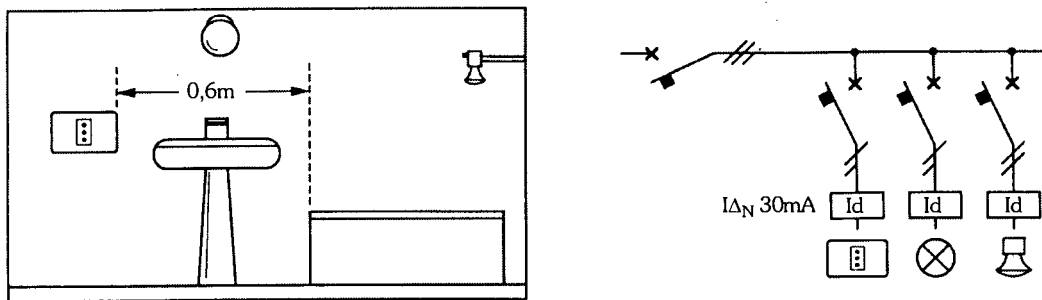


Figura 12.28 - Utilização de DR's na proteção de ambientes especiais. Cortesia: Bticino.

16. No volume 3, são admitidas apenas tomadas de corrente, desde que elas sejam:
- alimentadas individualmente por transformador de separação (5.1.3.5); ou
 - alimentadas em extra-baixa tensão de segurança (5.1.1.1); ou
 - protegidas por um dispositivo da corrente diferencial-residual (DR) de alta sensibilidade ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) - (9.1.4.3.2).
17. Utilização de dispositivo DR de alta sensibilidade ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) na proteção de aquecedores elétricos classe I ou II, no volume I (9.1.4.4.2).
18. Utilização de DR ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) na proteção de aquecedores de água e luminárias classe I ou II, no volume 2 (9.1.4.4.3).
19. Utilização de DR ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) na proteção de circuitos em eletroduto metálico embutidos no volume 3 (9.1.4.2.3).
20. Utiliza-se DR ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) na proteção de instalação de tomadas de corrente fora do volume 1, em pequenas piscinas (9.2.4.3.2).
21. Utiliza-se DR ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) na proteção de tomadas de corrente e interruptores no volume 2 (9.2.4.3.3).

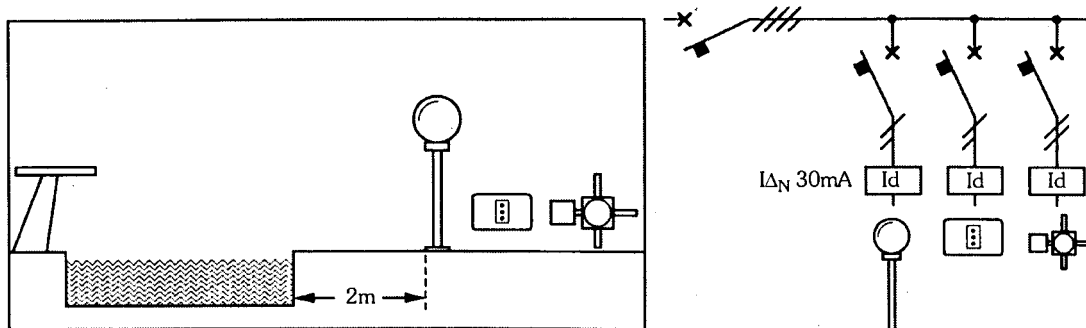
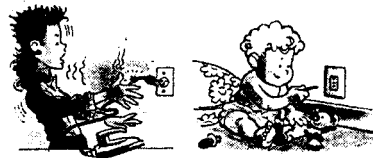


Figura 12.29 - Proteção em ambientes especiais, como piscinas. Cortesia: Bticino.

12.4.1.5. Terminologia

Contato Direto

É o contato acidental, seja por falha de isolamento, por ruptura ou remoção indevida de partes isolantes, ou então por atitude imprudente de uma pessoa com uma parte elétrica normalmente energizada (parte viva).



Contato Indireto

É o contato entre uma pessoa e uma parte metálica de uma instalação ou componente, normalmente sem tensão, mas que pode ficar energizada por falha de isolamento ou por uma falha interna.



Corrente de Fuga (de uma Instalação ou de Parte de uma Instalação)

Corrente que, na ausência de falta, flui para terra ou para elementos condutores estranhos à instalação.

Figura 12.30 - Situações em que uma pessoa pode ficar sujeita a contato direto ou indireto com uma instalação.
Fonte: CESP/PIRELLI - Instalações Elétricas Residenciais.

12.4.1.6. Funcionamento do Dispositivo DR

a - Funcionamento Elétrico

"As bobinas principais (P) são enroladas sobre o núcleo magnético de modo a determinar, quando atravessadas pela corrente I, dois fluxos magnéticos iguais e opostos, de modo que, em condições normais de funcionamento, o fluxo resultante seja nulo.

A bobina secundária (B) é ligada ao relé polarizado.

Se a corrente diferencial-residual (isto é, a corrente que flui para a terra) for superior ao limiar de atuação ID_N , a bobina secundária enviará um sinal suficiente para provocar a abertura do relé polarizado e, portanto, dos contatos principais.

Para verificar as condições de funcionamento do dispositivo, deve-se acionar o botão de prova (T); assim cria-se um "desequilíbrio" de corrente tal que provoca a atuação do dispositivo diferencial e a conseqüente abertura dos contatos principais". (Extraído do Catálogo sobre DR's da Bticino)

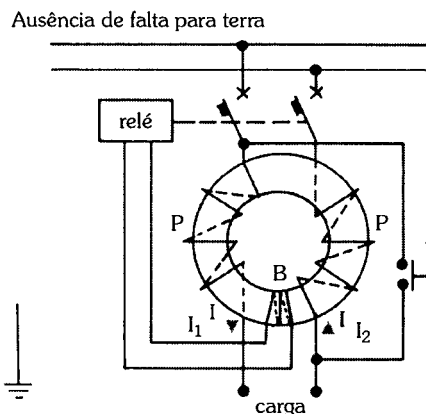
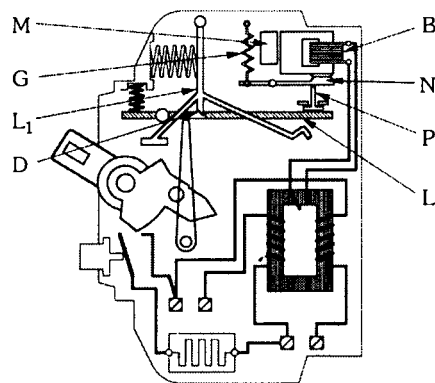


Figura 12.31 - Princípio de funcionamento elétrico dos disjuntores e interruptores DR. Cortesia Bticino.

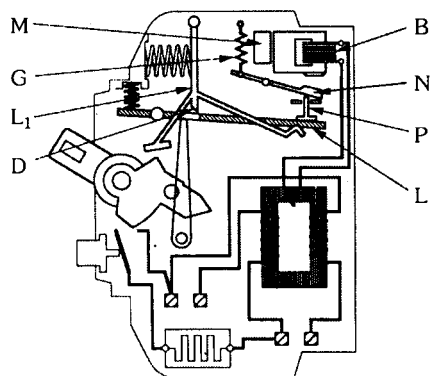
b - Funcionamento Mecânico

Em condições normais de funcionamento do circuito, isto é, com corrente diferencial-residual insuficiente para acionar o dispositivo DR, o campo magnético produzido pelo ímã permanente (M) é suficiente para manter atraída a parte móvel do núcleo (N), vencendo a reação da mola (G). A alavanca de desengate intermediário (L) mantém a alavanca (L_1) em posição por meio do dente de engate (D).

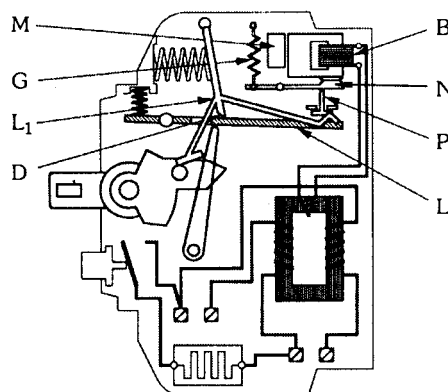
Quando no circuito a corrente diferencial-residual supera o valor ID_N , a bobina secundária do transformador diferencial envia um sinal (tensão U) à bobina (B), que produz um campo magnético tal que sature o núcleo. Nessas condições, o campo magnético produzido pelo ímã permanente é reduzido e então a mola (G) determina a abertura da parte móvel (N), agindo sobre o pino (P) que desloca a alavanca (L). Inicia-se então a fase de abertura.



A - Posição fechada.



B - Início do disparo



C - Posição aberta após o disparo.

Figura 12.32 - Seqüência de funcionamento mecânico do disjuntor DR. Cortesia: Bticino.

12.4.1.7. Resumo Quanto à Utilização dos DR's

Os interruptores ou disjuntores diferenciais-residuais devem ser utilizados para proteção:

- das partes metálicas conectadas à terra que se tornem vivas;
- de pessoas ou animais domésticos contra contatos acidentais com partes vivas da instalação elétrica;
- contra perigos de incêndio devido a faltas à terra;
- contra a presença de faltas à terra provocada por aparelhos eletrodomésticos ou instalações elétricas em más condições de conservação;
- Em locais de grande concentração de umidade, como, por exemplo, banheiros, área de serviço, cozinhas e piscinas, o perigo de eletrocussão é gravíssimo; de fato, a imersão na água reduz a resistência que usualmente limita a corrente que atravessa o corpo humano. Portanto, todo cuidado deve ser tomado com a proteção nesses ambientes. Todas as tomadas de corrente devem ser instaladas distantes d'água, e devem ser protegidas com um disjuntor ou interruptor diferencial de alta sensibilidade.

Atenção: Torneiras elétricas e chuveiros com carcaça metálica e resistência nua apresentam geralmente fugas de corrente muito elevadas, que não permitem que o DR fique ligado. Isso significa que esses equipamentos representam um risco à sua segurança e devem ser substituídos por outros com carcaça plástica ou com resistência blindada.

12.4.1.8. Instalação do Dispositivo DR

12.4.1.8.1. Especificação Técnica

Antes dos procedimentos normais para a instalação de um dispositivo DR, seja de qualquer tipo (conforme 12.4.1.4), deve-se observar as características técnicas desse dispositivo, as quais são:

- Corrente nominal - I_n (A);
- Corrente diferencial-residual nominal de atuação - $I_{\Delta N}$ (mA);
- Tensão nominal - V_n (V);
- Capacidade de interrupção - I_{cn} (kA);
- Frequência - f (Hz); e
- Número de pólos - 2 ou 4 pólos (bipolar ou tetrapolar).

É em função das características da instalação elétrica que se especifica o dispositivo DR mais adequado, ou seja, "a corrente nominal (I_n) do DR deve ser maior ou igual à corrente de projeto (I_p) no ponto de instalação do dispositivo".

Quanto à corrente nominal de atuação ($I_{\Delta N}$), se de alta ou baixa sensibilidade, a norma **NBR 5410:2004** estabelece os critérios para a sua instalação (veja 12.4.1.4). Deve-se observar as regras da norma onde se instalam os dispositivos de alta sensibilidade ($I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) ou os de baixa sensibilidade ($I_{\Delta N} \leq 300 \text{ mA}$ ou $I_{\Delta N} \leq 500 \text{ mA}$).

Outro item importante que deve ser observado é no que se refere ao número de pólos: se o circuito possuir dois condutores vivos (duas fases ou fase+neutro), utiliza-se, preferencialmente, o dispositivo DR bipolar (pode-se também utilizar o tetrapolar). Para os demais casos (duas fases+neutro; três fases ou três fases+neutro) deve-se utilizar o dispositivo DR tetrapolar.

12.4.1.8.2. Instalação do Dispositivo DR

A utilização dos dispositivos DR nas instalações elétricas é o procedimento mais eficaz e simples no que se refere à proteção contra contatos indiretos. Por isso a sua obrigatoriedade na utilização desse dispositivo em todas as instalações elétricas, conforme determina a norma. É importante dispensar todo o cuidado para a sua instalação, ou seja:

"Todos os condutores vivos devem ser ligados no dispositivo DR, inclusive o neutro". O condutor neutro deve ser ligado primeiro no dispositivo DR para em seguida ser conectado ao barramento de neutro.

12.4.1.9. Tabelas de Disjuntores e Interruptores Diferenciais Residuais (DR's)

Tabela 12.5 - Disjuntores diferenciais residuais (DR's/DX) bipolar e tetrapolar. Fonte: Pial-Legrand.

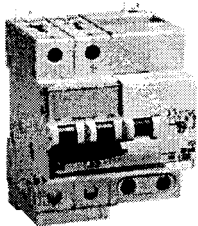
	Número de Pólos	$I_{\Delta N}$	Ref.	I_n	Número de Pólos	$I_{\Delta N}$	Ref.	I_n
		Bipolar 230/400V~ Poder de Desligamento 10 kA IEC 947-2	30 mA	079 19	16	Tetrapolar 400V~ Poder de Desligamento 10 kA IEC 947-2	30 mA	080 09
079 20				20	080 10			20
079 21				25	080 11			25
079 22				32	080 12			32
079 29				40	080 13			40
079 30				50	080 14			50
079 31		63	080 15	63				
Bipolar 230/400V~ Poder de Desligamento 10 kA IEC 947-2		300 mA	079 46	16	Tetrapolar 400V~ Poder de Desligamento 10 kA IEC 947-2	300 mA	080 27	16
			079 47	20			080 28	20
			079 48	25			080 29	25
			079 49	32			080 30	32
			079 50	40			080 31	40
			079 51	50			080 32	50
			079 52	63			080 33	63

Tabela 12.6 - Disjuntores e interruptores diferenciais residuais (DR's/DX) bipolar e tetrapolar Fonte: Pial-Legrand.

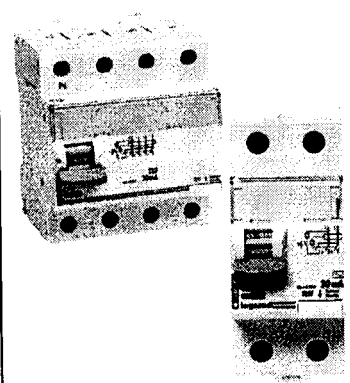
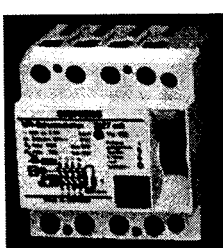
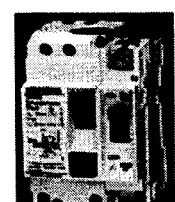
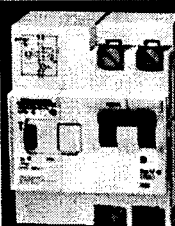
	Número de Pólos	$I_{\Delta N}$	Ref.	I_n	Número de pólos	$I_{\Delta N}$	Ref.	I_n
	Bipolar 230V~		30 mA	086 28 086 29 086 30 086 31	25 40 63 80	Tetrapolar 400V~	30 mA	086 93 086 94 086 95 086 96
Bipolar 230V~		300 mA	086 46 086 47 086 48 086 49	25 40 63 80	Tetrapolar 400V~	300 mA	087 11 087 12 087 13 087 14	25 40 63 80

Tabela 12.7 - Dispositivos DR Siemens.

	Referência	I_N (A)	2 Pólos	Referência	I_N (A)
	4 Pólos				5SU3 883-0X* 5SU3 883-1X* 5SU3 883-2X* 5SU3 883-3X*
	5SZ3 446* 5SZ3 466* 5SZ3 473*	40 63 125		5SU33264-IBK16* 5SU33264-IBK20* 5SU33264-IBK25* 5SU33264-IBK32*	15 20 25 32
	5SZ7 466** 5SZ7 473**	63 125			

* $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ ** $I_{\Delta N} = 500 \text{ mA}$

- 13.1. Introdução
- 13.2. Definições
- 13.3. Prescrições da NBR 5410:2004
- 13.4. Aterramento e Equipotencialização
- 13.5. Condutores de Proteção (PE)
- 13.6. Condutores de Equipotencialização
- 13.7. Utilização de Equipotencialização Principal

13.1. Introdução

O **aterramento**, muito embora não apresente maiores dificuldades quanto ao seu entendimento e à sua importância para a segurança e o correto funcionamento de equipamentos e instalações, continua gerando muitas dúvidas e, o que é extremamente lamentável, continua sendo ignorado por muitos "profissionais" que atuam nessa área.

As razões para tantas dúvidas se referem, principalmente, ao desconhecimento, em muitos casos, por ignorância ou pela falta de interesse em buscar informações técnicas para a correta execução do sistema de aterramento, e nem tanto à complexidade do serviço.

A ausência ou falta de aterramento é responsável por muitos acidentes elétricos com vítimas, principalmente em instalações residenciais.



Figura 13.1

13.2. Definições

13.2.1. Aterramento

Tem por finalidade proteger a instalação e seus usuários de uma ligação à terra, onde a corrente elétrica flui sem riscos. Para manter uma resistência de terra abaixo de **10 ohms (Ω)** exigida pela **NBR 5419:2001, item 5.1.3.3.2, nota 2**, é necessário conhecer o tipo de solo e as opções de aterramento. O "eletrodo de aterramento" é uma infra-estrutura e, portanto, parte integrante da edificação.

13.2.2. Choque Elétrico

É o efeito fisiológico que resulta da passagem de uma corrente elétrica pelo corpo humano, denominada corrente de choque.

O choque elétrico deve ser analisado em função de três elementos fundamentais. São eles:

13.2.3. Parte Viva

É um condutor elétrico ou qualquer outro elemento condutor que pode ser energizado em uso normal.

Neste caso, como parte viva, também é considerado o condutor neutro e excluído o condutor **PE** ou **PEN** (função combinada do neutro e proteção). O termo condutor vivo ou condutor carregado é freqüentemente utilizado para designar os condutores fase e o neutro.

13.2.4. Massa ou Massa Condutora Exposta

São os elementos condutores que normalmente não são energizados, mas que numa eventualidade de problemas de isolamento podem tornar-se vivos ou energizados e, assim, provocar um acidente ao serem tocados diretamente, como, por exemplo, estruturas metálicas de aparelhos eletrodomésticos.

13.2.5. Elemento Condutor Estranho (à Instalação Elétrica)

É qualquer elemento não pertencente à instalação, mas pode nela introduzir um potencial, geralmente o de terra.

13.2.6. Equipotencialização

A **NBR 5410:2004**, item **3.3.1**, define a equipotencialização como "procedimento que consiste na **interligação de elementos especificados** (todos os barramentos e infra-estrutura), visando obter a equipotencialização necessária para os fins desejados".

Tem a função de "proteção contra choques elétricos e contra sobretensões e perturbações eletromagnéticas. Uma determinada equipotencialização pode ser satisfatória para proteção contra choques elétricos, mas insuficiente para proteção contra perturbações eletromagnéticas".

13.3. Prescrições da NBR 5410:2004

A **NBR 5410:2004**, item **4.2.2.2**, apresenta cinco exemplos de esquemas de aterramento de sistemas elétricos trifásicos comumente utilizados. Deve-se observar que "as massas indicadas não simbolizam um único, mas sim qualquer número de equipamentos elétricos". Pode-se observar também que "uma mesma instalação pode eventualmente abranger mais de uma edificação. As massas devem necessariamente compartilhar o mesmo eletrodo de aterramento, se pertencentes a uma mesma edificação, mas podem, em princípio, estar ligadas a eletrodos de aterramento distintos". São eles:

13.3.1. Esquema TN

Tem como característica "possuir um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto através de condutores de proteção". "São consideradas três variantes de esquemas TN, de acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção". Podem ser:

13.3.1.1. Esquema TN-S

O condutor neutro e o condutor de proteção são distintos, figura 13.2.

13.3.1.2. Esquema TN-C-S

As funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor em uma parte da instalação, figura 13.3.

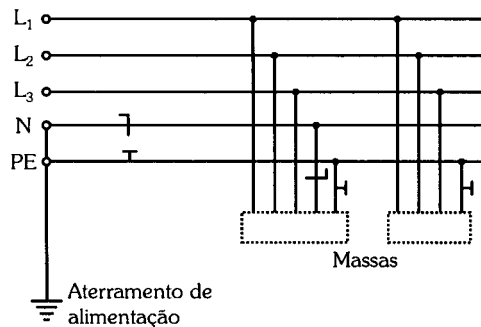


Figura 13.2 - Esquema TN-S.

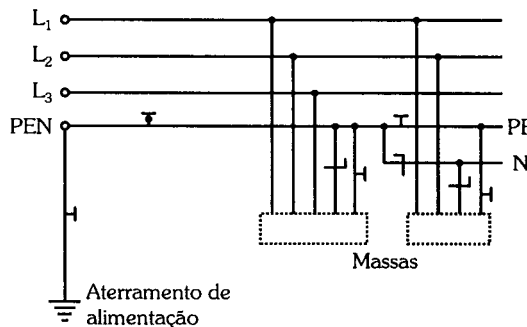


Figura 13.3 - Esquema TN-C-S.

13.3.1.3. Esquema TN-C

As funções do neutro e de proteção são combinadas em um único condutor ao longo de toda a instalação.

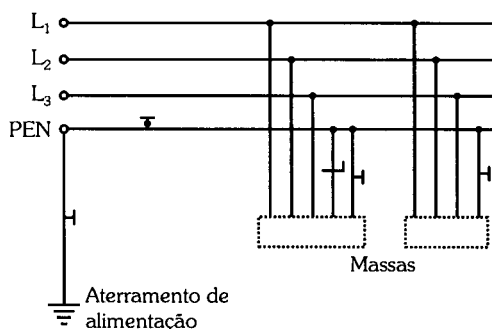


Figura 13.4 - Esquema TN-C.

Nota: A confiabilidade do esquema TN, particularmente quando a proteção contra contatos indiretos for realizada por dispositivos à sobrecorrente, fica condicionada à integridade do neutro, o que, no caso de instalações alimentadas por rede pública em baixa tensão, depende das características do sistema da concessionária.

Significado das Letras

Primeira letra - Situação da alimentação em relação à terra:

- T - um ponto diretamente enterrado;
- I - isolamento de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento através de uma impedância.

Segunda letra - Situação das massas da instalação em relação à terra:

- T - massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto de alimentação;
- N - massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto aterrado é normalmente o ponto neutro).

Outras letras (eventuais) - Disposição do condutor neutro e do condutor de proteção:

- S - funções de neutro e de proteção asseguradas por condutores distintos;
- C - funções de neutro e de proteção combinadas em um único (condutor PEN).

13.3.2. Esquema TT

Esquema no qual as correntes de falta direta fase-massa são inferiores a uma corrente de curto-circuito, podendo, todavia, ser suficiente para provocar o surgimento de tensões perigosas. O **esquema TT** possui um ponto de alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodos de aterramento eletricamente distintos do eletrodo de aterramento da alimentação.

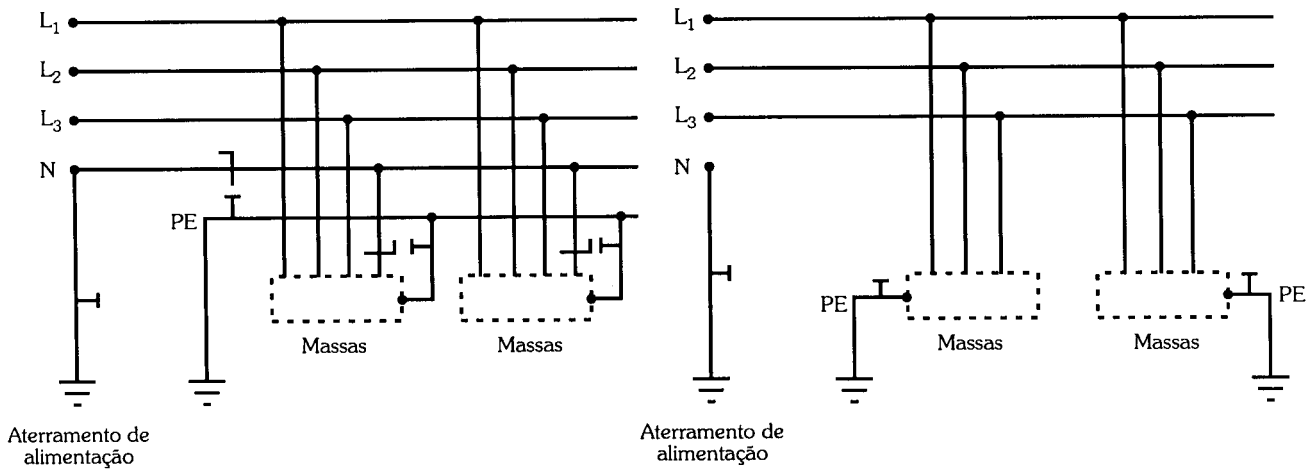
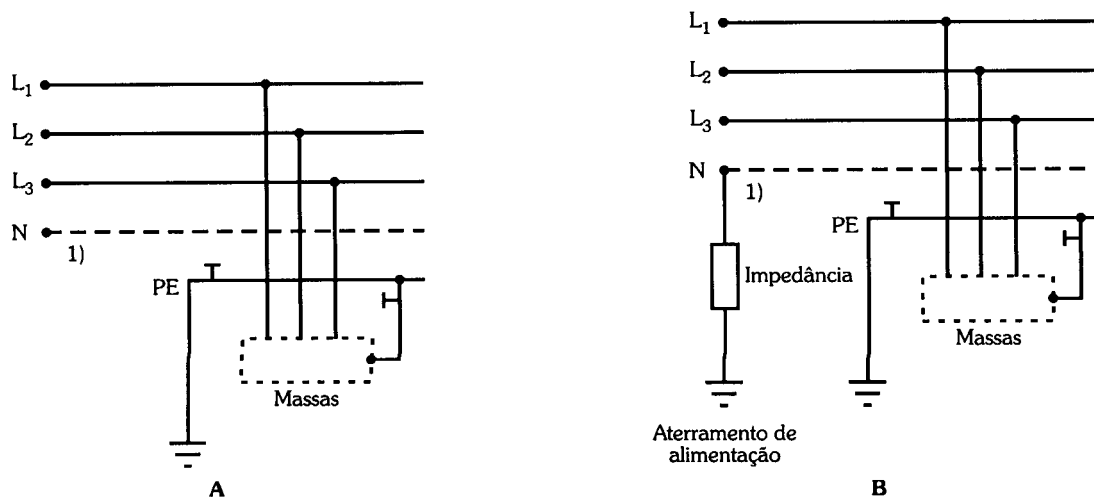


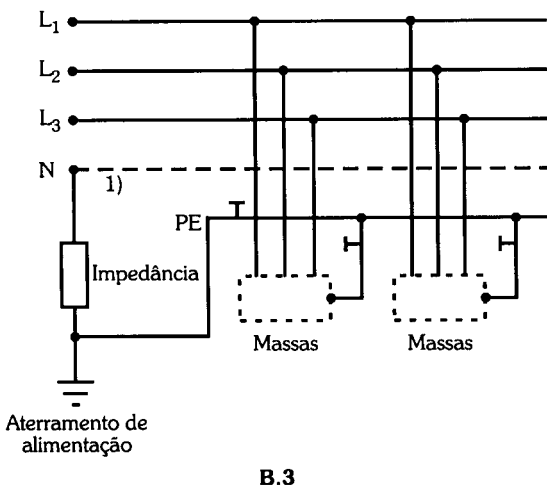
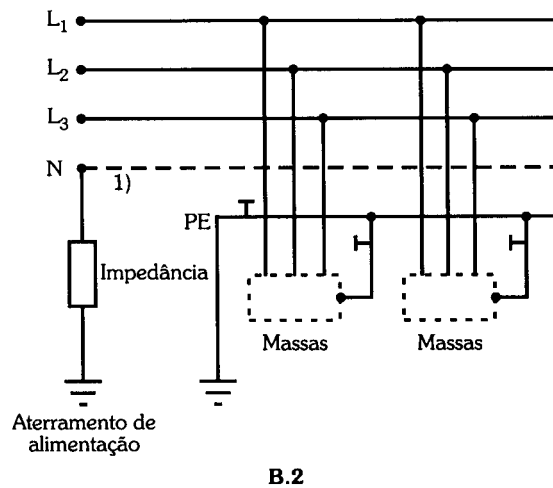
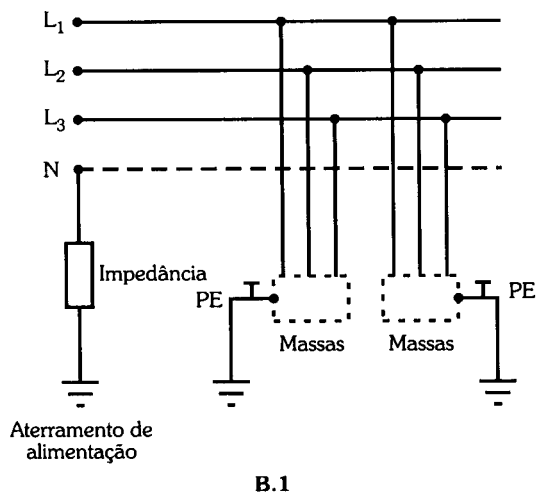
Figura 13.5 - Esquema TT.

13.3.3. Esquema IT

É o esquema em que "todas as partes vivas são isoladas da terra ou um ponto da alimentação é aterrado através de impedância. As massas da instalação são aterradas, verificando-se as seguintes possibilidades:"

- "Massas aterradas no mesmo eletrodo de aterramento da alimentação, se existente"; e
- "Massas aterradas em eletrodo(s) de aterramento próprio(s), seja porque não há eletrodo de aterramento da alimentação, seja porque o eletrodo de aterramento das massas é independente do eletrodo de aterramento da alimentação".





1) O neutro pode ser ou não distribuído;

A = sem aterramento da alimentação;

B = alimentação aterrada através de impedância;

B.1 = massas aterradas em eletrodos separados e independentes do eletrodo de aterramento da alimentação;

B.2 = massas coletivamente aterradas em eletrodo independente do eletrodo de aterramento da alimentação;

B.3 = massas coletivamente aterradas no mesmo eletrodo da alimentação.

Figura 13.6 - Esquema IT.

13.4. Aterramento e Equipotencialização

Nas instalações elétricas existem, basicamente, dois tipos principais de aterramento:

- **O aterramento funcional**, que consiste na ligação à terra de um dos condutores do sistema (geralmente o neutro), e está relacionado com o funcionamento correto, seguro e confiável da instalação.
- **O aterramento de proteção**, que consiste na ligação à terra das massas e dos elementos condutores estranhos à instalação, cujo objetivo é a proteção contra choques elétricos por contato indireto.

Além desses dois tipos, pode-se fazer, eventualmente, um **aterramento de trabalho**, que tem por finalidade tornar possíveis, sem perigo de acidente, atividades de manutenção em partes da instalação normalmente sob tensão, colocadas fora de serviço para esse fim. É um tipo de aterramento provisório, que deve ser desfeito no final dos trabalhos de manutenção.

13.4.1. Eletrodo de Aterramento

A **NBR 5410:2004**, item 6.4.1.1.1, determina que o aterramento é uma infra-estrutura e faz parte da integralidade da edificação, denominada de "**eletrodo de aterramento**". Pode ser da seguinte forma:

- a) Preferencialmente, uso das próprias armaduras do concreto das fundações (armaduras de aço das estacas, dos blocos de fundação e vigas baldrames), esse procedimento é suficiente para se obter um eletrodo de aterramento com características elétricas adequadas.
- b) Uso de fitas, barras ou cabos metálicos, especialmente previstos, imersos no concreto das fundações, "formando um anel em todo o perímetro da edificação. A fita, barra ou cabo deve ser envolvido por uma camada de concreto de no mínimo 5 cm de espessura, a uma profundidade de no mínimo 0,5 m. As seções mínimas da fita, barra ou cabo podem ser vistas na tabela 13.1.
- c) Uso de malhas metálicas enterradas, no nível das fundações, cobrindo a área da edificação e complementadas, quando for necessário, por hastes verticais radialmente ("pés-de-galinha").
- d) No mínimo, uso de anel metálico enterrado, circundando o perímetro da edificação e complementado, quando for necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente ("pés-de-galinha").

Todo sistema (infra-estrutura) de aterramento deve:

- Proporcionar confiabilidade e satisfazer todos os requisitos de segurança.
- Conduzir as correntes de falta à terra sem risco de danos térmicos, termomecânicos e eletromecânicos, ou de choques elétricos causados por essas correntes.
- Quando aplicável, atender também aos requisitos funcionais da instalação.

Um bom aterramento depende, além dos fatores mencionados pela norma, de outros fatores, tais como:

- Resistividade do solo;
- Comprimento de cada haste (eletrodos);
- Volume de dispersão disponível para cada haste (eletrodos);
- Número de hastes (eletrodos) ligadas(os) em paralelo.

Notas: **1.** Não se admite o uso de canalizações metálicas de água nem de outras utilidades como eletrodo de aterramento, o que não exclui as medidas de equipotencialização conforme 13.4.3 (6.4.1.1.4). **2.** A infra-estrutura de aterramento, conforme 13.4.1, deve ser acessível no mínimo junto com cada ponto de entrada de condutores e utilidades e em outros pontos que forem necessários à equipotencialização, conforme 13.4.3 (6.4.1.1.5). **3.** Mastros de antenas devem ser incorporados ao SPDA, conforme NBR 5419:2001.

Na prática, são utilizados eletrodos constituídos por hastes (eletrodos) ligadas conforme segue:

13.4.1.1. Haste

Possui um formato alongado, cuja função é "injetar" a corrente no solo para dispersá-la, perturbando o menos possível a superfície.

Deve ser introduzida verticalmente, de modo que apresente a menor resistência e menor perigo para as tensões de passo produzidas na superfície durante o funcionamento. A corrente se dispersa para baixo nos extratos mais profundos do terreno. A seção da haste pode ser cilíndrica, maciça ou tubular, com perfil "T", "L" ou "X", conforme a **figura 13.7**. "A parte superior da haste deve ficar a uma profundidade de, no mínimo, 0,5m, a fim de evitar possíveis danos externos". As hastes de aterramento do tipo aço-cobre, de formato cilíndrico, devem possuir uma espessura da cama de cobre de, no mínimo, 254 microns.

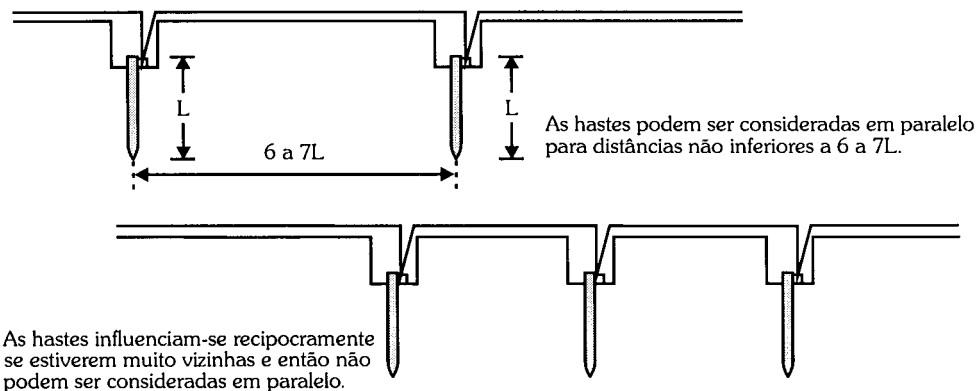


Figura 13.7 - Exemplo de execução de um sistema de aterramento com haste. Cortesia: Bticino-Pirelli.

13.4.1.2. Eletrodo em Anel

"O eletrodo em anel é constituído por um condutor (geralmente de cobre nu) enterrado ao longo do perímetro do prédio a uma profundidade de, no mínimo, 0,5 m. Do ponto de vista do campo de dispersão, o condutor é análogo a uma haste horizontal muito longa. Pode-se deduzir que a eficiência é baixa e a corrente percorre principalmente as camadas superiores do terreno. Devido à simplicidade de instalação, esse tipo de eletrodo é largamente utilizado; a resistência é inversamente proporcional ao condutor, desde que a distância entre os lados seja da ordem de 20 a 30 m" (figura 13.8).

13.4.1.3. Eletrodo em Malha

"A chamada "malha de terra" é constituída pela combinação de hastes e condutores. Nela a interconexão dos lados opostos do eletrodo com a forma poligonal fechada (triângulo, quadrado, hexágono, etc.) tem a função de equalizar a superfície do terreno, abaixando ou anulando as tensões de passo e de contato. Para atenuar o gradiente de tensão ao longo do perímetro da malha, é de boa prática enterrar verticalmente, ao longo dos lados externos, uma série de hastes profundas e distanciadas entre si. Assim, é superado o problema das tensões de passo, muito perigosas no caso de cabines de distribuição em média e alta tensão" (figura 13.9).

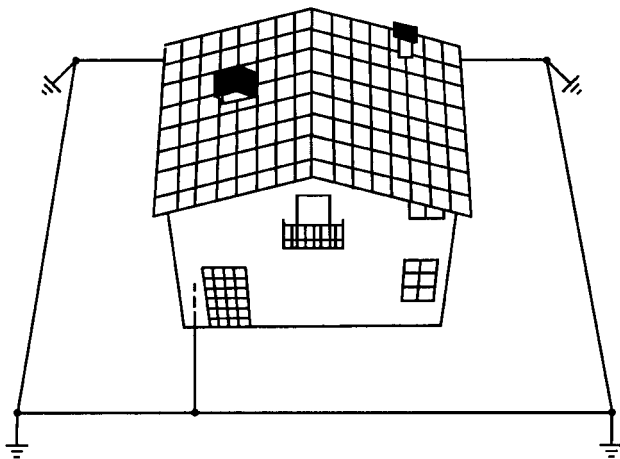


Figura 13.8 - Representação de um sistema de aterramento em anel. Cortesia: Bticino.

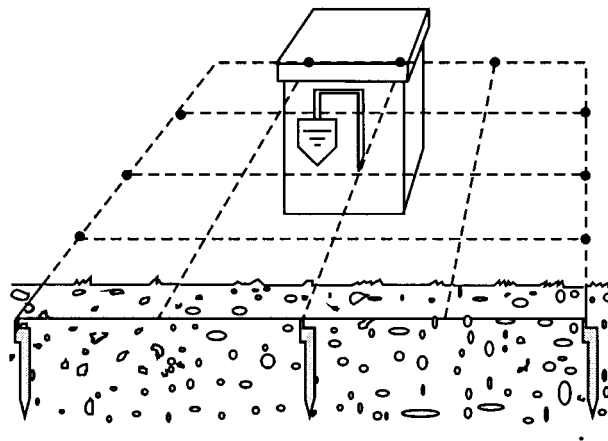


Figura 13.9 - Representação de um sistema de aterramento em malha. Cortesia: Bticino.

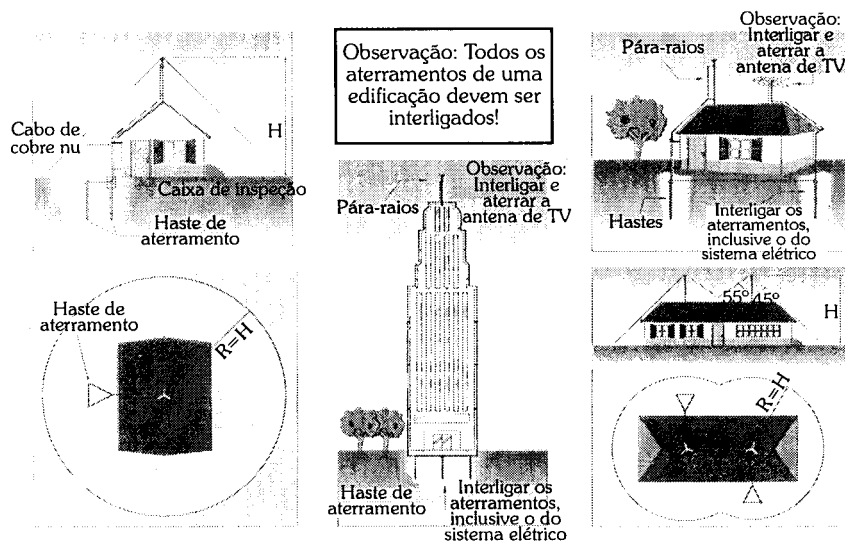


Figura 13.10 - Exemplos de aterramentos. Cortesia: Magnet.

O material e as dimensões mínimas dos eletrodos devem estar de acordo com a tabela 13.1.

Tabela 13.1 - Materiais comumente utilizáveis em eletrodos de aterramento - Dimensões mínimas do ponto de vista da corrosão e da resistência mecânica, quando os eletrodos forem diretamente enterrados. (Tabela 51 da NBR 5410:2004)

Material	Superfície	Forma	Dimensões mínimas			
			Diâmetro (mm)	Seção (mm ²)	Espessura do Material (mm)	Espessura Média do Revestimento (µm)
Aço	Zincada a quente ¹⁾ ou inoxidável ¹⁾	Fita ²⁾	-	100	3	70
		Perfil	-	120	3	70
		Haste de seção circular ³⁾	15	-	-	70
		Cabo de seção circular	-	95	-	50
		Tubo	25	-	2	55
	Capa de cobre	Haste de seção circular ³⁾	15	-	-	2 000
Cobre	Nu ¹⁾	Haste de seção circular ³⁾	15	-	-	254
		Fita	-	50	2	1
		Cabo de seção circular	-	50	-	-
		Cordoalha	1,8 (cada veia)	50	-	-
	Zincada	Fita ²⁾	-	50	2	40

1) Pode ser utilizado para embutir no concreto.

2) Fita com cantos arredondados.

3) Para eletrodo de profundidade.

13.4.2. Condutor de Aterramento

13.4.2.1. Seção Mínima dos Condutores de Aterramento

O condutor de aterramento é aquele que fará a interligação da barra de equipotencialização principal (BEP) com a barra de proteção (PE) ao(s) eletrodo(s) de aterramento (haste de terra).

"A seção dos condutores de aterramento deve ser dimensionada conforme 13.6.1. Para condutores enterrados no solo, a seção não deve ser inferior às indicadas" na Tabela 13.2.

Tabela 13.2 - Seções mínimas de condutores de aterramento enterrados no solo (Tabela 52 da NBR 5410:2004).

	Protegido contra Danos Mecânicos	Não protegido contra Danos Mecânicos
Protegido contra corrosão	Cobre: 2,5 mm ² Aço: 10 mm ²	Cobre: 16 mm ² Aço: 16 mm ²
Não protegido contra corrosão	Cobre: 50 mm ² (solos ácidos ou alcalinos) Aço: 80 mm ²	

É importante ressaltar que "a conexão de um condutor de aterramento ao eletrodo (haste) de aterramento deve assegurar as características elétricas e mecânicas" necessárias ao bom funcionamento de todo o sistema. Uma falha na conexão da infra-estrutura de aterramento pode ocasionar acidentes para os usuários da instalação e danos em equipamentos e na edificação (6.4.1.2.2).

Notas: **1.** Caso sejam utilizadas as armaduras de concreto como eletrodo, essa armadura deve ter, no ponto de conexão, uma seção não inferior a 50 mm² e um diâmetro de preferência não inferior a 8 mm. **2.** No lugar das soldas elétricas e exotérmicas é permitido o uso de conectores, seguindo instruções dos fabricantes, de tal forma que não danifiquem nem o eletrodo nem o condutor de aterramento. **3.** Conexões com solda estranho não asseguram resistência mecânica adequada (conforme NBR 5410:2004, 6.4.1.2.3 - Notas).

13.4.3. Equipotencialização

A NBR 5410:2005, item 6.4.2.1.1, determina que "em cada edificação deve ser realizada uma equipotencialização principal, reunindo os seguintes elementos":

- a) As armaduras de concreto armado e outras estruturas metálicas da edificação;
- b) As tubulações metálicas de água, de gás combustível, de esgoto, de sistema de ar-condicionado, de gases industriais, de ar comprimido, de vapor, etc., bem como os elementos estruturais metálicos a elas associados;
- c) Os condutos metálicos das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- d) As blindagens, armações, coberturas e capas metálicas de cabos das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- e) Os condutores de proteção das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- f) Os condutores de interligação provenientes de outros eletrodos de aterramento porventura existentes ou previstos no retorno da edificação;
- g) Os condutores de interligação provenientes de eletrodos de aterramento de edificações vizinhas, nos casos em que essa interligação for necessária ou recomendável;
- h) O condutor neutro da alimentação elétrica, salvo se não existente ou se a edificação tiver que ser alimentada, por qualquer motivo, em esquema TT ou IT;
- i) O(s) condutor(es) de proteção principal(is) da instalação elétrica (interna) da edificação.

Notas: **1.** As equipotencializações são tantas quantas forem as edificações. As edículas ou construções próximas não mais de 10m da edificação principal são consideradas integradas a esta. **2.** No caso de tubulação metálica de gás, quando for requerida a inserção de luva isolante, esta deve ser provida de centelhador, como determina a NBR 5419.

13.4.3.1. Equipotencializações Suplementares (Equipotencializações Locais)

São "necessárias por razões de proteção contra choques ou por razões funcionais, incluindo prevenção contra perturbações eletromagnéticas" (6.4.2.2), que interligam massas e/ou elementos condutores estranhos à instalação.

13.4.3.2. Barramento e Equipotencialização Principal (BEP)

É um dispositivo (barra, chapa ou cabo) que reúne o condutor de aterramento, o condutor de proteção principal e o(s) condutor(es) de equipotencialidade principal(is). E deve preferencialmente ser instalado "junto ou próximo do ponto de entrada da alimentação elétrica e deve ser provido de um barramento denominado "**barramento de equipotencialização principal**" (BEP), ao qual todos os elementos relacionados em 13.5.2 possam ser conectados direta ou indiretamente"(6.4.2.1.3).

"Admite-se que a barra PE do quadro de distribuição principal acumule a função de BEP. Para tanto, esse quadro deve ser localizado o mais próximo possível do ponto de entrada da linha elétrica na edificação" (nota 2 do item 6.4.2.1.3).

"O BEP deve prover uma conexão mecânica e eletricamente confiável. Todos os condutores conectados ao BEP devem ser desconectáveis individualmente, exclusivamente por meio de ferramenta" (6.4.2.1.4).

Nota: A Norma da NBR 5410:2004, item 6.4.2.1.5, determina que as conexões de equipotencialização sejam providas com plaqueta ou etiqueta com a inscrição seguinte:

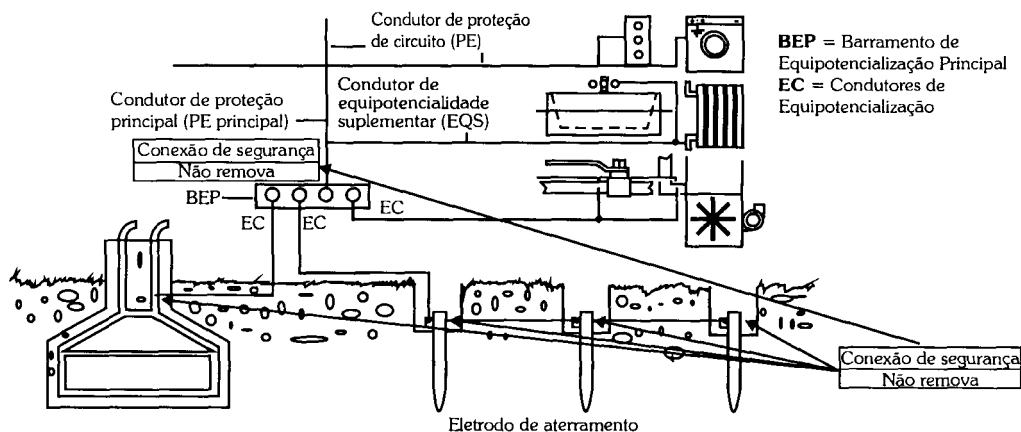


Figura 13.11 - Descrição dos componentes de aterramento de acordo com a NBR 5410.
Fonte: Proteções contra Choques Elétricos. Cortesia: Bticino/Pirelli.

13.5. Condutores de Proteção (PE)

Os **condutores de proteção** são necessários em todas as instalações elétricas de baixa tensão, independentemente do tipo de esquema de aterramento, quer seja **TN**, **TT** ou **IT**, cuja finalidade é a **proteção** contra **contatos indiretos**. Esses condutores permitem o escoamento das correntes de fuga e/ou de falta da instalação, garantindo assim uma perfeita continuidade do circuito de terra.

Os **condutores de proteção** dos circuitos são designados internacionalmente pelas letras **PE** (de **Protection Earth**), e entre nós de **proteção equipotencial**.

O **condutor de proteção** de um circuito terminal liga as **massas (estruturas metálicas)** dos equipamentos de utilização e, se for o caso, o terminal "**terra**" das tomadas de corrente, alimentado pelo circuito ao terminal de aterramento (**barramento de terra**) do quadro de distribuição respectivo.

No caso de circuito de distribuição, o condutor de proteção interliga o terminal de aterramento do quadro de onde parte o circuito ao terminal de aterramento do quadro alimentado pelo circuito. A seção do condutor de proteção pode ser determinada pela **tabela 13.3**.

Nota: Os valores desta tabela são válidos apenas se o **condutor de proteção** for constituído do mesmo metal que os **condutor(es) fase**. Caso contrário, sua seção deve ser determinada de modo que sua condutância equivalha à seção obtida pela tabela.

Um condutor de proteção pode ser comum a dois ou mais circuitos, desde que esteja instalado no mesmo eletroduto (6.4.3.1.5).

13.5.1. Seção Mínima para Condutores de Proteção (PE)

A seção de qualquer condutor de proteção que não faça parte do mesmo cabo ou do mesmo conduto fechado que os condutores de fase não deve ser inferior a (6.4.3.1.4):

- a) **2,5 mm² em cobre/16 mm² em alumínio**, se for provida proteção contra danos mecânicos;
- b) **4 mm² em cobre/16 mm² de alumínio**, se não for provida proteção contra danos mecânicos.

Tabela 13.3 - Seção mínima do Condutor de Proteção (Tabela 58 da NBR 5410:2004).

Seção dos Condutores Fase (mm ²)	Seção Mínima do Condutor de Proteção (mm ²)
1,5 a 16	A Mesma Seção do Condutor Fase
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150

13.5.2. Tipos de Condutores de Proteção

Podem ser usados como condutores de proteção (NBR 5410:2004 - 6.4.3.2.1):

- a) Veias de cabos multipolares;
- b) Condutores isolados, cabos unipolares ou condutores nus em conduto comum com os condutores vivos;
- c) Armações, coberturas metálicas ou blindagens de cabos;
- d) Eletrodutos metálicos e outros condutos metálicos.

Nota: Tubulações de água; tubulações de gases ou líquidos combustíveis ou inflamáveis; elementos de construção sujeitos a esforços mecânicos em serviço normal; eletrodutos flexíveis, exceto quando concebidos para esse fim; partes metálicas flexíveis; armadura de concreto e estrutura e elementos metálicos da edificação **não são admitidos como condutor de proteção** (6.4.3.2.3).

13.5.3. Continuidade Elétrica dos Condutores de Proteção

Na instalação dos condutores de proteção (PE) deve-se tomar as seguintes precauções (6.4.3.3):

- a) Devem ser protegidos contra danos mecânicos, deterioração química ou eletroquímica, bem como esforços eletromecânicos e termodinâmicos.
- b) Devem possuir acessibilidade para verificações e ensaios.
- c) Não é permitida a instalação de dispositivos de manobra ou comando nos condutores de proteção.
- d) No caso de haver supervisão da continuidade do aterramento, bobinas ou sensores associados não devem ser inseridos no condutor de proteção.
- e) As massas dos equipamentos **não podem** ser utilizadas como condutor de proteção.

Nota: Na execução da ligação de um condutor de aterramento a um eletrodo de aterramento, deve-se garantir a continuidade elétrica e a integridade do conjunto.

Tabela 13.4 - Código de Cores dos Condutores de Proteção.

Tipo de condutor	Local	Cores	
		PE	PEN
Condutor isolado	Isolação	Verde-amarelo ou verde	Azul-claro com indicação verde-amarelo nos pontos visíveis ou acessíveis
Veia de cabo multipolar			
Cabo unipolar	Cobertura		

13.6. Condutores de Equipotencialização

13.6.1. Condutores de Equipotencialização Principal

A Norma NBR 5410:2004, item 6.4.4.1.1, além de outros fatores anteriormente mencionados, tem como pontos de preocupação com descargas eletromagnéticas alerta para o bom funcionamento de equipamentos e sistema eletrônicos e se segurança. "Na equipotencialização principal, a norma detalha, em particular, aspectos das linhas externas, de tal forma que converjam para um mesmo ponto da edificação; observa, também, que deve ter na propriedade tantas equipotencializações principais quantas forem as edificações que a compuserem" (**EM-nov.04-pág.161**) - (ver figuras 13.11, 13.12 e 13.13).

A norma determina que "seção dos condutores da equipotencialização principal relacionados conforme item 13.4.3.2 não deve ser inferior à metade da seção do condutor de proteção de maior seção da instalação, mas nunca ser inferior a 6 mm² se for de cobre; 16 mm² se for de alumínio ou 50 mm² em aço. A seção pode ser limitada a 25 mm² se de cobre ou de outro metal".

13.6.2. Condutores de Equipotencialização Suplementar

As seções mínimas para os condutores de equipotencialização suplementar devem satisfazer as condições mínimas estabelecidas no **item 13.5.1** (6.4.3.1.4).

Nota: Tubulações de água; tubulações de gases ou líquidos combustíveis ou inflamáveis; elementos de construção sujeitos a esforços mecânicos em serviço normal; eletrodutos flexíveis, exceto quando concebidos para esse fim; partes metálicas flexíveis **não são admitidos como condutor de equipotencialização** (6.4.4.2).

13.6.3. Equipotencialização Funcional

"O termo "funcional" é utilizado para caracterizar o aterramento e a equipotencialização visando, sobretudo, garantir o bom funcionamento dos circuitos de sinal e a compatibilidade eletromagnética." (6.4.5)

"O barramento de equipotencialização principal (BEP) da edificação pode ser utilizado para fins de aterramento funcional, desde que seja feito um prolongamento com um condutor de baixa impedância" (veja item 13.5.1). "Caso nas edificações sejam utilizados equipamentos de tecnologia de informação (ETI), o barramento de equipotencialização funcional deve constituir preferencialmente um anel fechado em torno da edificação" (6.4.5.1).

13.6.4. Tipos de Barramento de Equipotencialização Funcional

Podem ser (6.4.5.2):

- a) Todos os elementos que devam ser ligados ao DEP da edificação;
- b) Condutores de aterramento de dispositivos de proteção contra sobretensões;
- c) Condutores de aterramento de antenas de radiocomunicação;
- d) Condutor de aterramento do pólo aterrado de fontes de corrente contínua para os ETI;
- e) Condutores de aterramento funcional;

- f) Condutores de equipotencialização suplementares; e
- g) Armaduras de concreto da edificação mediante solda elétrica ou conectores de pressão adequados.

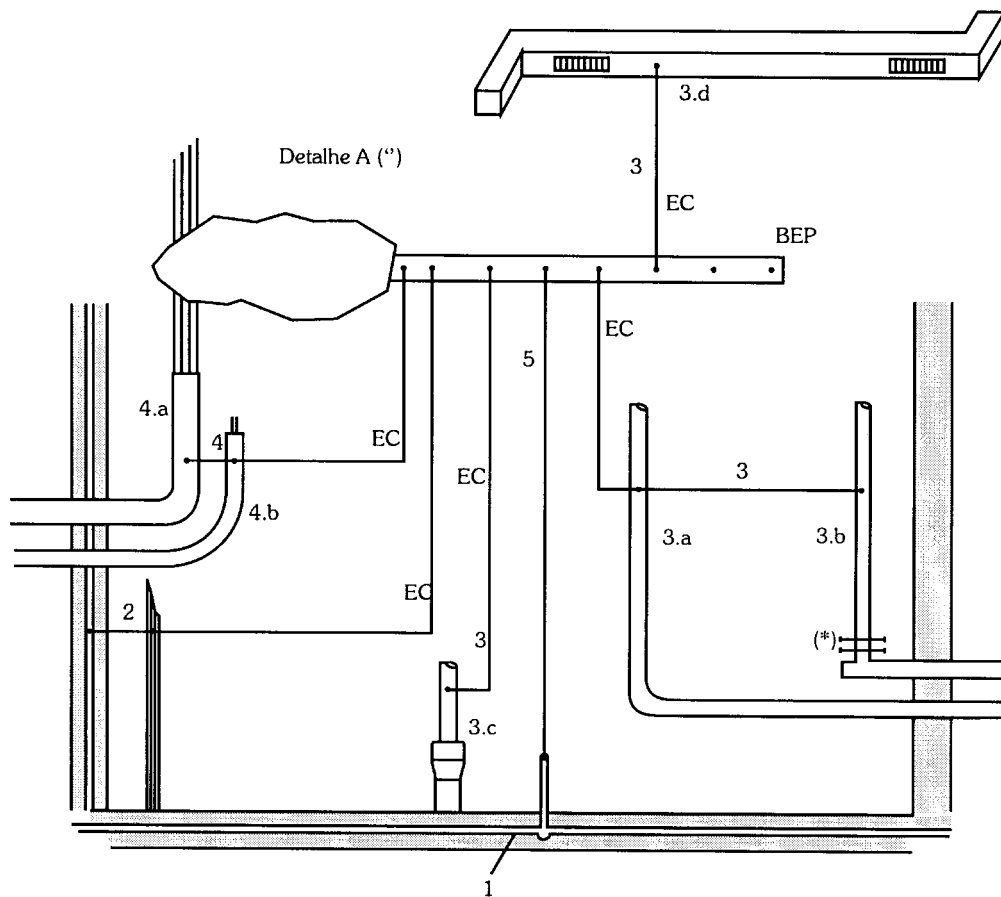
"O **barramento de equipotencialização funcional** pode ser de cobre nu ou isolado e deve ser acessível em toda a sua extensão, instalados, como, por exemplo, sobre superfície ou em eletrocalha ou canaleta". Caso seja utilizado condutor sem isolamento, ele deve ser isolado nos suportes e travessia de paredes, para evitar corrosão.

A seção mínima para os condutores de equipotencialização funcional deve ser a mesma adotada para os condutores de equipotencialização principal, conforme item 13.6.1.

13.7. Utilização de Equipotencialização Principal

13.7.1. Exemplo de Equipotencialização Principal

As **figuras 13.12, 13.13 e 13.13A** mostram os detalhes referentes a aterramento e equipotencialização e, como tal, devem ser entendidas apenas como exemplo (Anexo G da NBR 5410:2004).



Legenda:

- BEP** - Barramento de Equipotencialização Principal
- EC** - Condutores de equipotencialização
- 1** - Eletrodo de aterramento (embutido nas fundações)
- 2** - Armadura de concreto armado e outras estruturas metálicas da edificação
- 3** - Tubulações metálicas de utilidades, bem como os elementos estruturais metálicos a elas associados

Por exemplo:

- 3.a** - água
- 3.b** - gás
- (*) Luva isolante (ver nota 2 de 13.4.3)
- 3.c** - esgoto
- 3.d** - ar-condicionado

- 4** - Condutos metálicos, blindagens, armações, coberturas e capas metálicas de cabos
- 4.a** - Linha elétrica de energia
- 4.b** - Linha elétrica de sinal
- 5** - Condutor de aterramento principal
- (**) Ver figura 13.13

Figura 13.12 - Exemplo de equipotencialização principal (Figura G.1 da NBR 5410:2004).

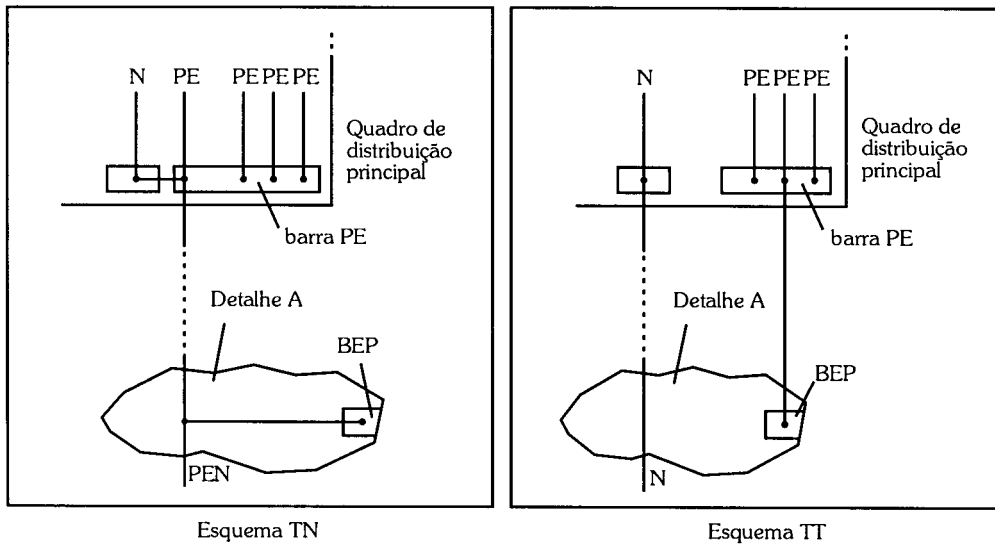
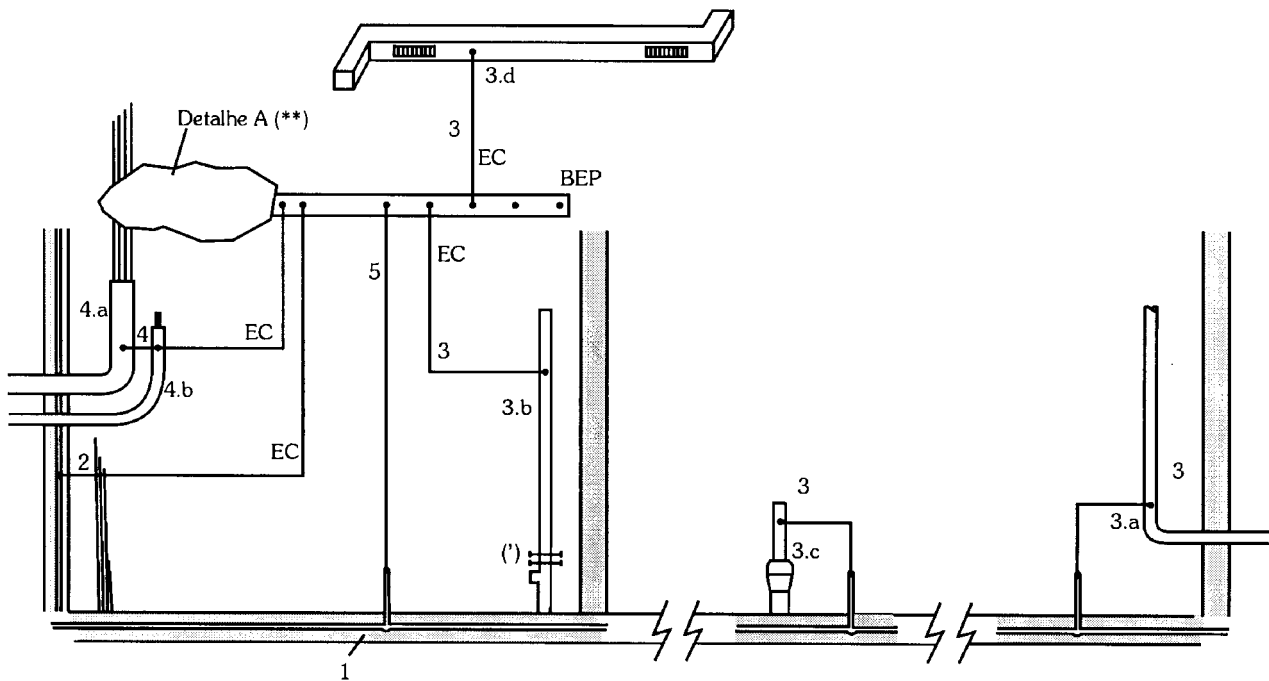


Figura 13.13 - Detalhes das conexões da alimentação à equipotencialização principal (figura G.2 da NBR 5410:2004).

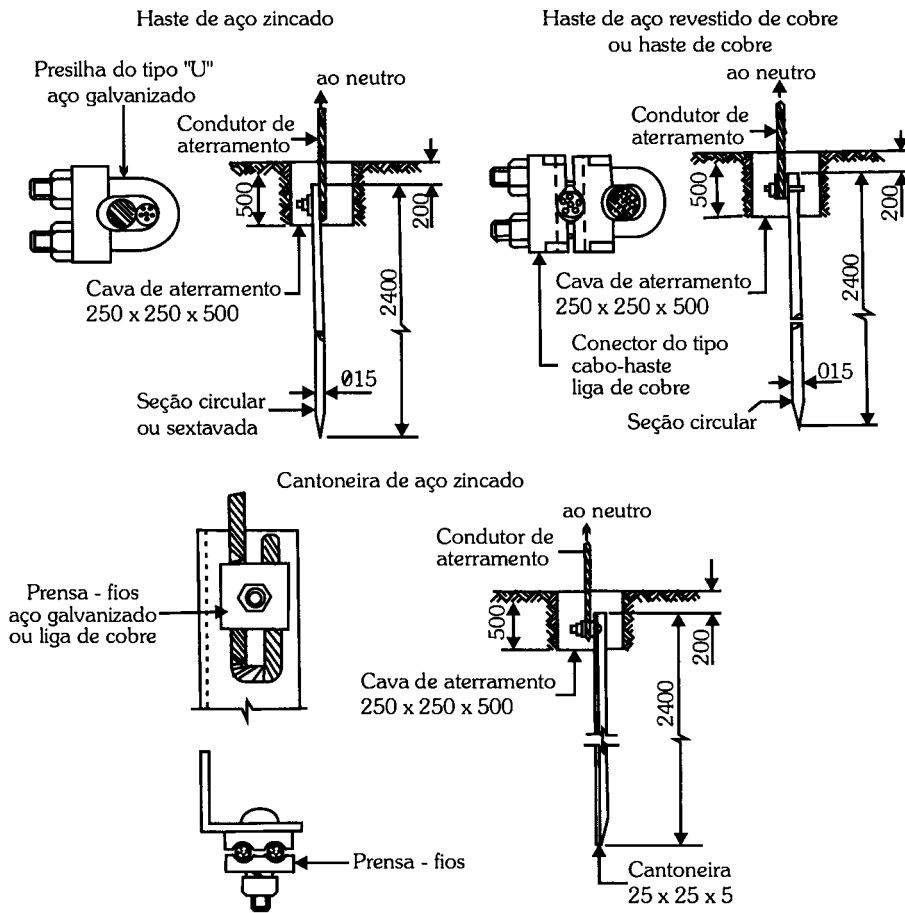
Notas: 1. Se o quadro de distribuição principal (QDP) se situar junto ou bem próximo do ponto de entrada da linha na edificação, sua barra PE, caso não haja restrições, poderia acumular a função do BEP. Essa figura é apenas um exemplo. 2. O detalhe relativo ao esquema TN-C-S, conforme determinado em 5.4.3.6 da norma, diz que "em toda edificação alimentada por linha elétrica em esquema TN-C, o condutor PEN deve ser separado, a partir do ponto de entrada (ver figura 13.4) da linha na edificação, ou a partir do quadro de distribuição principal, em condutores distintos para as funções de neutro e de condutor de proteção. A alimentação elétrica, até aí TN-C, passa então a um esquema TN-S (globalmente, o esquema é TN-C-S).



(**) Ver figura 13.13

Figura 13.13A - Exemplo de equipotencialização principal em que os elementos nela incluíveis não se concentram ou não são acessíveis num mesmo ponto da edificação (figura G.3 da Norma).

13.7.2. Sistema de Aterramento para Entrada de Energia (Entrada de Serviço)



Notas: 1. Demais características técnicas do sistema de aterramento, veja capítulo 13 - item 13.4. 2. Dimensões mínimas, em milímetros.

Figura 13.14 - Exemplo de aterramento para entrada de serviço. Fonte: CEMIG.

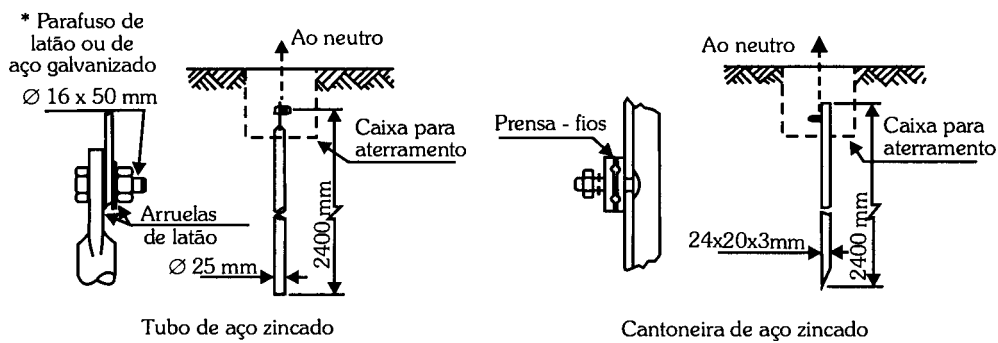
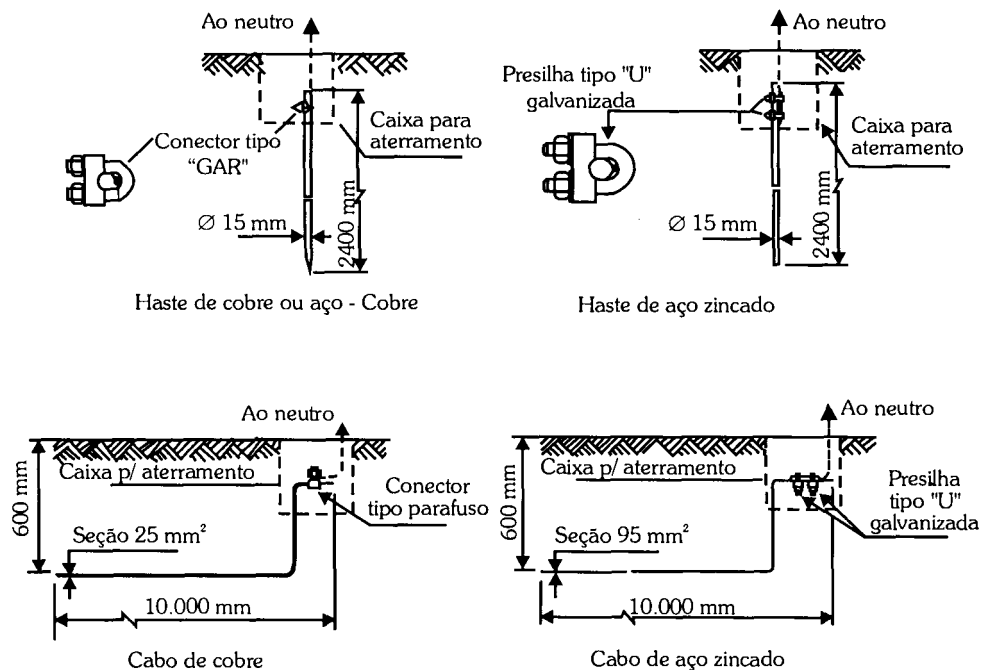


Figura 13.15 - Exemplo de aterramento para entrada de serviço em tensão secundária de distribuição. Fonte: COPEL.



Notas: 1. A caixa para aterramento será obrigatória nos atendimentos acima de 100A. 2. Os conectores indicados podem ser utilizados em qualquer um dos sistemas de aterramento (quanto aplicável). 3. Os conectores assinalados em (*) não são aplicáveis quando o condutor de aterramento for cabo. 4. Podem ser utilizadas conexões tipo: GB, QGF e GAR da Burndy, ou similares. 5. Podem ser utilizadas conexões exotérmicas. 6. Estão indicadas as dimensões mínimas.

Figura 13.16 - Exemplo de aterramento para entrada de serviço para atendimento a edifícios de uso coletivo. Fonte: COPEL.

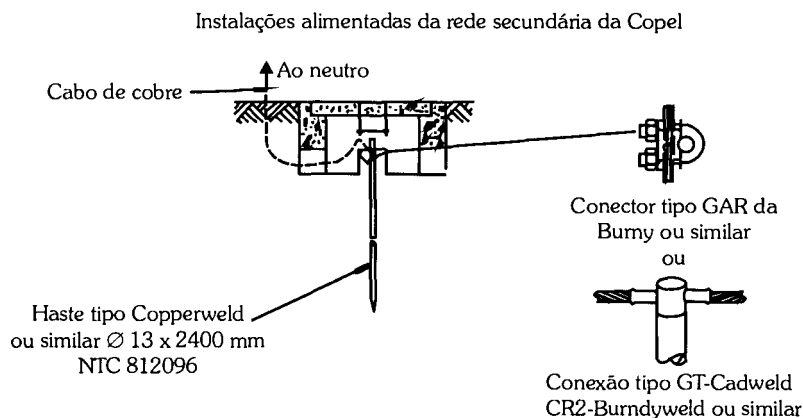


Figura 13.17 - Exemplo de aterramento para entrada de serviço para atendimento a edifícios de uso coletivo. Fonte: COPEL.

- 14.1. Prescrições da NBR 5410:2004 sobre Proteções contra Sobretensões e Perturbações Eletromagnéticas
- 14.2. Terminologia
- 14.3. Formação das Descargas Atmosféricas
- 14.4. Como Nascem e Morrem os Raios
- 14.5. Tipos de Raio
- 14.6. Efeito dos Raios
- 14.7. Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas
- 14.8. Sugestão para a Prevenção contra as Descargas Atmosféricas
- 14.9. Conclusão

14.1. Prescrições da NBR 5410:2004 sobre Proteções contra Sobretensões e Perturbações Eletromagnéticas

A **NBR 5410:2004** estabelece as "prescrições para garantir a proteção de pessoas, animais domésticos e os bens, contra sobretensões causadas por contato acidental entre condutores de tensões diferentes ou defeitos no transformador, sem que essas sobretensões possam pôr em risco a segurança das pessoas e a conservação da instalação".

As sobretensões podem ser causadas por diversos fatores:

- a) Falha do isolamento para outra instalação de tensão mais elevada;
- b) Sobretensões de origem atmosférica;
- c) Chaveamento de cargas indutivas de potência;
- d) Eletricidade estática;
- e) Correção de fator de potência;
- f) Interrupções de energia elétrica na rede. E ainda...

Sobretensões Temporárias (5.4.1.1)

- a) Perda do condutor neutro em esquemas TN e TT, em sistemas trifásicos com neutro, bifásico com neutro e monofásico a três condutores;
- b) Falta à terra envolvendo qualquer dos condutores de fase em um esquema IT.

Sobretensões Transitórias (5.4.2)

- a) Quando a instalação for alimentada por linha total ou parcialmente aérea, ou incluir ela própria linha aérea, e se situar em região sob condições de influências externas AQ2 (mais de 25 dias de trovoadas por ano);
- b) Quando a instalação se situar em região sob condições de influências externas AQ3 (ver tabela 14.1).

Tabela 14.1 - Descargas atmosféricas (Tabela 15 da NBR 5410:2004).

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AQ1	Desprezíveis	≤ 25 dias por ano	-
AQ2	Indiretas	> 25 dias por ano Riscos provenientes da rede de alimentação.	Instalações alimentadas por redes aéreas.
AQ3	Diretas	Riscos provenientes da exposição dos componentes da instalação.	Partes da instalação situadas no exterior das edificações.

14.2. Terminologia

A **NBR 5419:2001** estabelece as seguintes definições para as partes que compõem um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas:

- a) **Descarga atmosférica:** descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, considerando em um ou mais impulsos de vários quiloampères.
- b) **Raio:** um dos impulsos elétricos de uma descarga atmosférica para a terra.
- c) **Pára-raios:** conjunto de captores, descida, conexões e eletrodo de aterramento.
- d) **Condutor metálico:** segmento de fio, cabo ou fita capaz de transmitir corrente elétrica.
- e) **Captor:** ponta ou condutor metálico que, por sua situação elevada, facilita as descargas elétricas atmosféricas. "Os captores devem ser maciços de cobre, aço inoxidável ou metal monel. Devem ser dispostos uniformemente no topo de chaminés cilíndricas, em intervalos máximos de 2,5 m ao longo do perímetro". "A altura dos captores acima da chaminé deve ser de no mínimo 0,5 m e no máximo 0,8 m. O diâmetro mínimo dos captores deve ser de 15 mm".
- f) **Descida:** condutor metálico que estabelece ligação entre o captor e o eletrodo de aterramento. Devem ser instalados, no mínimo, dois condutores de descida, situados em lados opostos da chaminé. Os condutores de descida devem ser interligados por anéis, sendo o primeiro situado preferencialmente no solo ou no máximo a 3,5 m da base da chaminé, e outros a intervalos de cerca de 20 m a partir do primeiro anel. Devem ser protegidos contra danos mecânicos até no mínimo 2,5 m acima do nível do solo. A proteção pode ser em eletroduto rígido de PVC ou eletroduto rígido metálico; neste último caso, o condutor de descida deve ser conectado às extremidades superior e inferior do eletroduto. A seção mínima para os condutores de descida pode ser de cobre nu de 16 mm².
- g) **Conexão de medição:** instalada de modo a facilitar os ensaios e medições elétricas dos componentes de um SPDA.
- h) **Hastes:** suporte de captor de ponta.
- i) **Eletrodo de aterramento:** elemento ou conjunto de elementos que assegura o contato elétrico com o solo e dispersa a corrente de descarga atmosférica na terra.
- j) **Conjunto de eletrodos de aterramento:** dois ou mais eletrodos de aterramento interligados permanentemente formando uma unidade.
- k) **Resistência de terra:** resistência ôhmica existente entre o eletrodo de aterramento e a própria terra.
- l) **Instalações metálicas:** elementos metálicos situados no volume a proteger, que podem constituir um trajeto da corrente de descarga atmosférica, tais como: estruturas, tubulações, escadas, trilhos de elevadores, dutos de ventilação e ar-condicionado e armaduras de aço interligadas.
- m) **Interação:** ação conjunta e recíproca de dois captores.

14.3. Formação das Descargas Atmosféricas

A proteção contra as descargas atmosféricas (raios ou relâmpagos), apesar de toda tecnologia existente hoje em dia, "continua sendo o primitivo pára-raios, uma invenção do século XVIII". É, sem dúvida, um dos aparelhos de proteção mais simples. Ele é instalado sobre uma casa, alto de edifícios ou em uma torre, onde uma haste metálica é ligada a um condutor (**figura 14.7**) enterrado no solo que será a primeira parte da construção a receber a descarga.

As razões de o relâmpago atingir uma edificação nestas condições são: **primeiro** por ser de metal, **segundo** por possuir um condutor que leva a eletricidade para a terra e, **terceiro** por ser o ponto mais alto.

No entanto, para que o pára-raios fosse inventado, foi necessário, primeiramente, descobrir que os raios são um fenômeno elétrico. O estudo experimental foi uma façanha realizada em 1752, pelo cientista Benjamin Franklin (1706 - 1790).

O Que Ele Fez?

Antes de uma tempestade, ele empinou uma pipa em direção às nuvens, já desconfiado de que elas estivessem carregadas de cargas elétricas. Com muita habilidade e, principalmente, interesse e curiosidade pela ciência, verificou que uma parte dessas cargas descia pelo fio de seda (**figura 14.1**). Foi assim que surgiram os pára-raios. A atitude de Franklin demonstrou um gesto de coragem a favor das descobertas científicas, porque, se um raio de verdade - e não as pequenas cargas que estavam se acumulando nas nuvens, antes de se transformarem em raio - houvesse caído no fio, ele não teria vivido para contar a história. Tempos depois, o físico russo Georg Richmann, ao tentar repetir o feito, morreu eletrocutado.

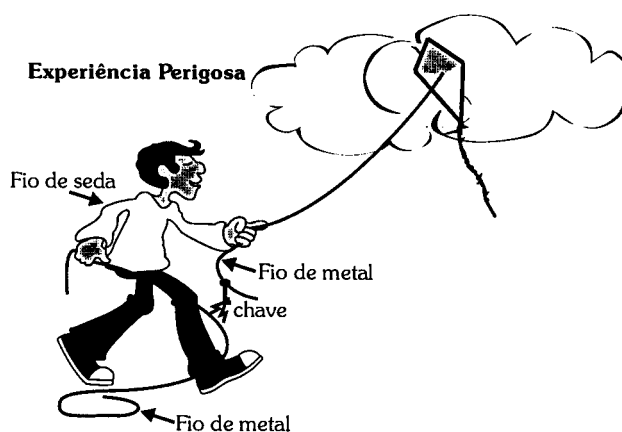


Figura 14.1

Benjamin Franklin amarrou um fio bem fino de metal na pipa e uma chave na ponta. A partir da chave, um fio de seda que ele segurava com a mão esquerda; com a mão direita ele segurava um outro fio de metal que fazia contato com o solo. Ao aproximá-lo da chave, ela soltava faíscas. Foi assim que surgiram os pára-raios muito conhecidos hoje em dia.

Mas, Afinal, Como Se Formam os Relâmpagos?

Os relâmpagos, descargas atmosféricas, ou ainda os raios são formados dentro de uma nuvem denominada **cumulonimbo**, que possui característica diferenciada em relação às outras, por ser verticalmente mais extensa. Essas nuvens se formam a uma altura de 2.000 metros do solo e se estendem até 18.000 metros acima.

Começa Assim

"... o ar quente e úmido próximo do solo se eleva na atmosfera (ele sobe porque é mais leve que o ar acima dele). O deslocamento ascendente faz com que se esfrie, até chegar ao topo da nuvem onde a temperatura é muito baixa, de 30°C negativos". A partir desse momento o vapor de água que estava misturado com o ar quente transforma-se em granizo, que em função do seu peso começa a precipitar-se para a base da nuvem. No deslocamento descendente ocorre o choque com outras partículas menores, principalmente com cristais de gelo. A colisão entre essas partículas (granizo e cristais de gelo) faz com que fiquem carregadas eletricamente.

O granizo, como é mais pesado, fica com carga negativa e se desloca para a base da nuvem, enquanto os cristais de gelo ficam com carga positiva e, por serem mais leves, deslocam-se para a parte superior (topo) da nuvem. Podemos notar que as cargas, dentro da nuvem, se separam: positivas na parte superior e negativas na parte inferior. Quando as cargas atingem valores extremamente elevados, ocorre o **relâmpago** (figura 14.2).

A maioria dos raios ou relâmpagos começa e termina dentro das nuvens. São poucos os que vêm para o chão. E é justamente desses que devemos nos prevenir.

No momento inicial do relâmpago, isto é, alguns milésimos de segundos antes da descarga, a nuvem e o solo ficam com uma diferença de potencial que pode variar de 10 kV (10.000 V) a 100 kV (100.000 V), formando assim um gigantesco **capacitor** (figura 14.3).



Figura 14.2

Relâmpago

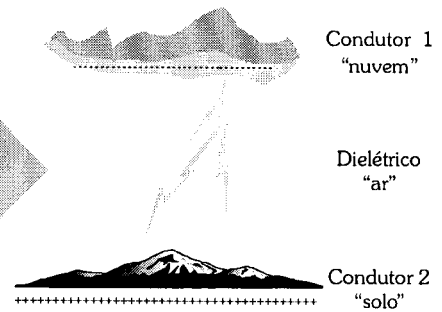
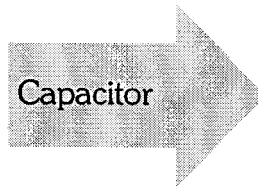


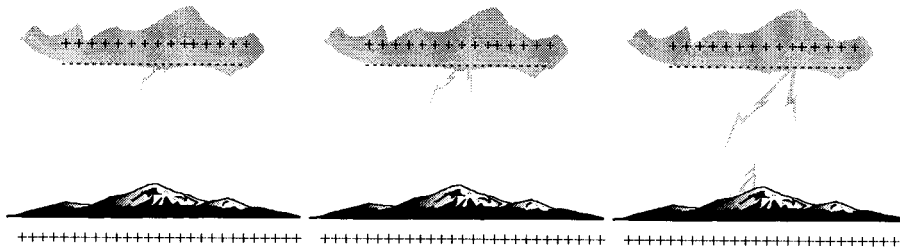
Figura 14.3

Em resumo, podemos dizer que

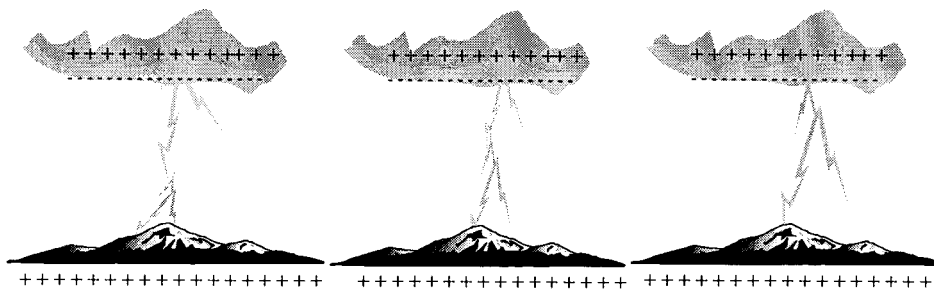
... o raio, relâmpago ou descarga atmosférica, "é o arco elétrico formado entre uma nuvem eletricamente carregada e um ponto da superfície da Terra".

14.4. Como Nascem e Morrem os Raios

1. No início, forma-se uma pequena faísca, que nesse estágio denomina-se "líder escalonado".
2. O "líder escalonado", à medida que vai descendo, vai se ramificando pelo caminho.
3. Ao aproximar-se do solo (em torno de 50 metros), sai a uma velocidade de 1.500 km/s outra faísca denominada "descarga conectante ou piloto".



4. Nesse momento, as duas faíscas se encontram. É chamada de "descarga de retorno ou principal". Isso é o que, de fato, enxergamos.
5. A descarga de retorno ou principal começa a subida em direção à nuvem a uma velocidade de 30.000 km/s e intensidade de corrente elétrica de 2 kA (2.000 A) a 200 kA (200.000 A).
6. Quando a faísca chega lá, ela atinge o máximo da luminosidade.



14.5. Tipos de Raio

Os raios são basicamente de dois tipos: os **positivos** e os **negativos**.

A diferença está onde os mesmos se originam, ou seja, os negativos saem da parte inferior da nuvem - conforme pode ser visto nos desenhos anteriores, e os positivos saem da parte superior das nuvens (**figura 14.4**).

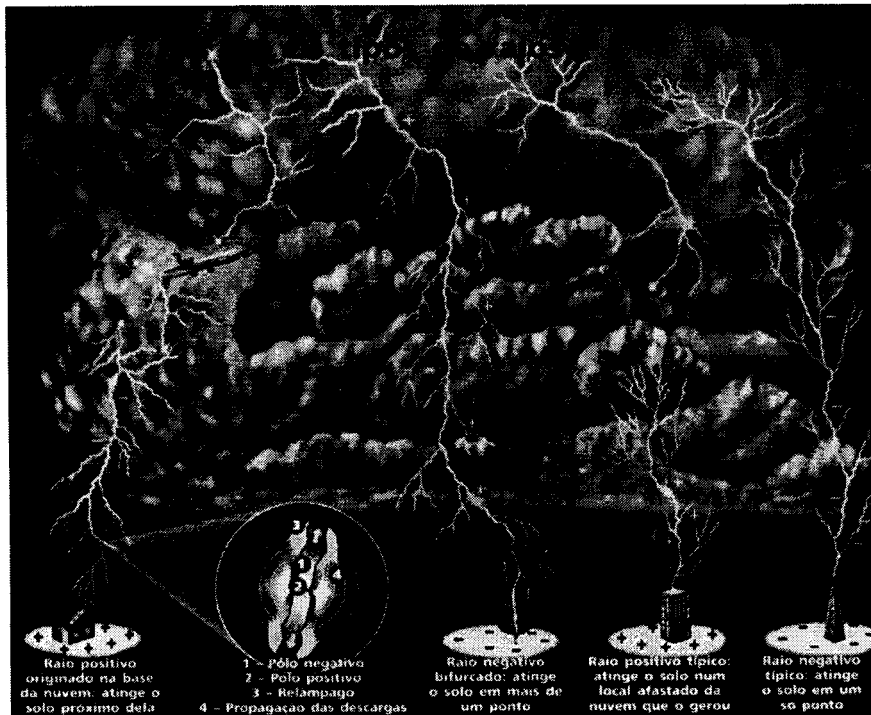


Figura 14.4 - Tipos de raio. Fonte: Globo Ciência, agosto/1997.

Nota: O Brasil é o campeão mundial em raios. Ele é atingido anualmente por 100 milhões de raios.

14.6. Efeito dos Raios

Os raios ocorrem num curtíssimo espaço de tempo (200 milésimos de segundos), e em função disso as instalações elétricas (residenciais, comerciais ou industriais) "podem atingir de **forma direta** estruturas de edificações, o sistema de pára-raios, as fiações elétricas, redes de energia elétrica, postes e, de **forma indireta**, em função da formação da radiação eletromagnética, **induzir sobretensões** nas estruturas, nas linhas de energia elétrica, cabos subterrâneos, cabos de comunicações e de transmissão de dados".

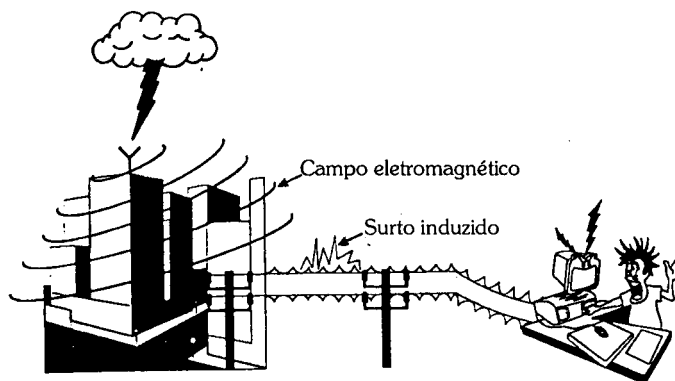


Figura 14.5 - Campo magnético induzido em função da descarga atmosférica. (Protetor Clamper).

14.7. Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas

14.7.1. Generalidades

Uma edificação é considerada segura contra descargas atmosféricas a partir do momento em que todo o procedimento de "instalação de proteção for projetado e construído de tal maneira que os componentes da estrutura, as pessoas, os equipamentos e instalações, que estejam permanentemente ou temporariamente em seu interior, fiquem efetivamente protegidos contra os raios e seus efeitos pelo maior espaço de tempo possível".

Na realidade, é praticamente impossível conseguir proporcionar uma eficiência de 100% na proteção contra descargas atmosféricas, tendo em vista que é um fenômeno não conhecido perfeitamente e que continua sendo uma fonte riquíssima de constantes pesquisas no Brasil e no mundo.

O melhor a fazer é seguir, no mínimo, as prescrições estabelecidas pela norma. Porém, como se trata de um fenômeno em estudo, por mais que se possa avaliar a necessidade e a importância da proteção, dimensionar e executar a instalação de todo um sistema de proteção dessa natureza, mesmo assim ocorrem acidentes de proporções imprevisíveis.

14.7.2. Constituição de um SPDA

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas é constituído pelos seguintes elementos:

- Captores (pára-raios, terminais, etc.);
- Condutores de interligação ou descida;
- Sistema de aterramento (hastes, cabos, etc.).

O SPDA apresenta-se sempre numa configuração série, como na figura ao lado:

Os tipos de captores são:

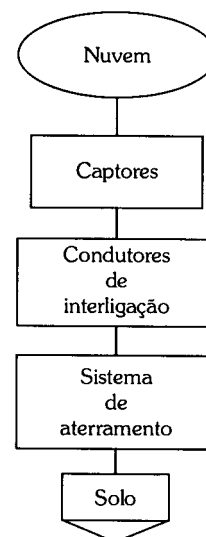
- Hastes ou Pontas Franklin (para-raios do tipo Franklin)
- Hastes ionizantes (pára-raios radioativos)
- Gaiola de Faraday

Os condutores de interligação ou de descida podem ser:

- Cabos;
- Fitas;
- Estruturas prediais (metálicas ou ferragens).

Os sistemas de aterramento mais comuns são:

- Eletrodo vertical (haste);
- Múltiplos eletrodos verticais;
- Eletrodos horizontais (cabos);
- Múltiplos eletrodos horizontais (sistema radial ou em anel);
- Sistemas combinados de eletrodos verticais e horizontais (sistema em malha).



14.7.3. Pára-Raios Franklin

Baseado nos estudos de Franklin, observa-se que a partir do momento em que uma haste metálica é conectada de forma contínua com o solo tem a propriedade de atrair para si os raios que de outra forma cairiam em suas proximidades.

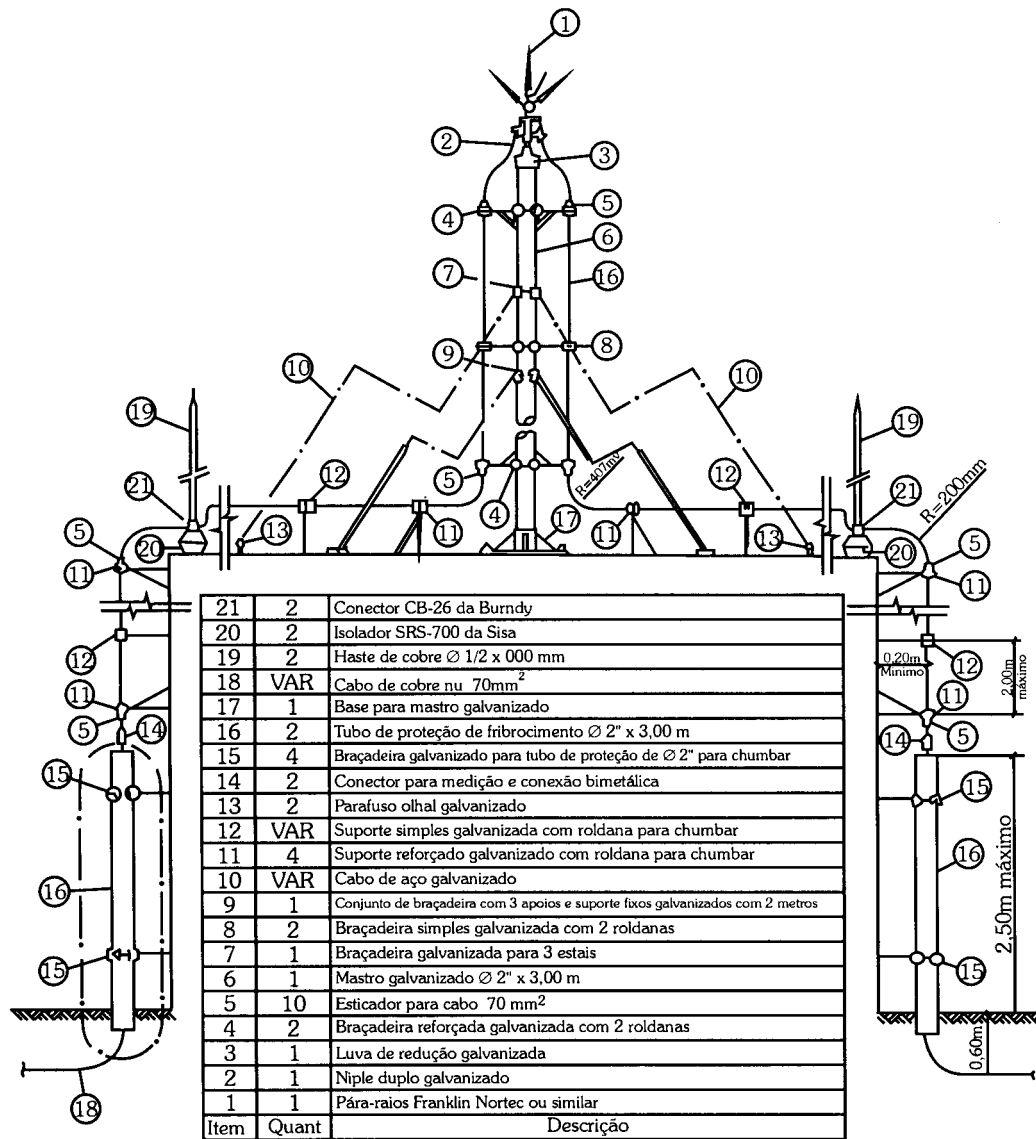


Figura 14.6 - Pára-raios Franklin com a respectiva relação de materiais.

14.7.4. Pára-Raios Radioativos

Esse tipo de pára-raios foi introduzido no início do século com o objetivo de conseguir maior proteção. Tinha como característica possuir uma cápsula radioativa, feita de amerício, um elemento químico. Uma pequena abertura na cápsula permite que a radiação escape, atraindo os raios.

Estudos posteriores confirmaram que a eficiência desse tipo de pára-raios era semelhante à do tipo Franklin e, devido à radioatividade ser altamente prejudicial à saúde das pessoas, principalmente para os profissionais que lidavam com esse produto, acabaram sendo proibidos no mundo inteiro.

14.7.5. Gaiola de Faraday

Essa forma de proteção foi inventada no século XIX pelo físico Michael Faraday (1791 - 1867). Ele descobriu que os corpos encerrados em uma caixa ou gaiola metálica ficavam protegidos contra descargas externas, funcionando como uma espécie de blindagem.

Baseado neste princípio, é possível, hoje, aproveitar as ferragens do concreto armado dos edifícios, conectando as pequenas hastes na cobertura (**figura 14.7**):

1. Haste de cobre com \varnothing 15 mm x 600 mm.
2. Condutores de descida conectados às hastes de aterramento.
3. Condutores de cobre nus instalados sobre a cobertura.

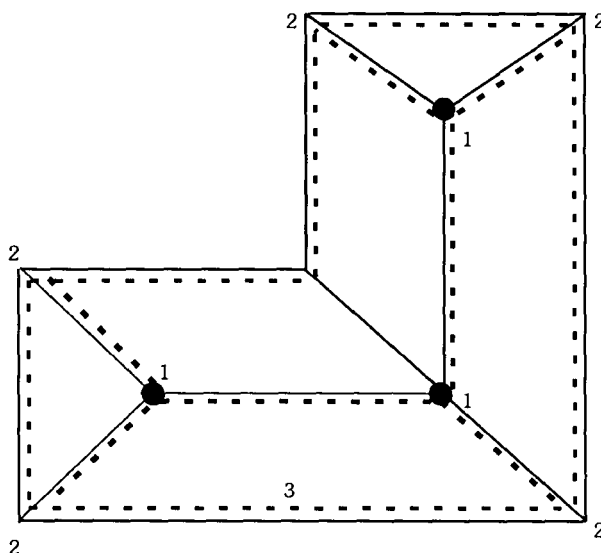


Figura 14.7 - Exemplo de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas do tipo Gaiola de Faraday.

14.7.6. Níveis de Proteção

Mesmo com a instalação de um SPDA, há sempre a possibilidade de falha desse sistema. A construção protegida, neste caso, pode ser atingida por uma descarga atmosférica. A partir dessa premissa, a IE 1024-I determina quatro diferentes níveis de proteção com base nos quais devem ser tomadas decisões de projeto mais ou menos severas: São eles:

- Nível I:** é o mais severo quanto à perda de patrimônio. Refere-se às construções protegidas, cuja falha no SPDA pode provocar danos às estruturas adjacentes, tais como: indústrias petroquímicas, de materiais explosivos, etc.
- Nível II:** refere-se às construções protegidas, cuja falha no SPDA pode ocasionar a perda dos bens de estimável valor ou provocar pânico aos presentes, porém sem nenhuma consequência para as construções adjacentes. Enquadram-se neste nível os museus, teatros, estádios, etc.
- Nível III:** refere-se às construções de uso comum, tais como os prédios residenciais, comerciais e industriais de manufaturados simples.
- Nível IV:** são as construções em que não é rotineira a presença de pessoas. São feitas de material não inflamável, e o produto armazenado nelas é de material não combustível, tais como armazéns de concreto para produtos de construção.

14.7.7. Conexão de Medição

A **NBR 5419:2001, item 5.1.2.6.1** diz que "cada condutor de descida (com exceção das descidas naturais ou embutidas) deve se provido de uma conexão de medição, instalada próxima do ponto de ligação ao eletrodo de aterramento. A conexão deve ser desmontável por meio de ferramenta, para efeito de medições elétricas, mas deve permanecer normalmente fechada". A tabela 14.2, mostra os espaçamentos médios e os ângulos de proteção em função dos níveis de proteção.

Tabela 14.2 - Espaçamento médio dos condutores de descida não naturais conforme o nível de proteção (Tabela 2 da NBR 5419:2001). Ângulo máximo de proteção para construção com altura não superior a 20 m.

Nível de Proteção	Espaçamento Médio (m)	Ângulo de Proteção (°)
I	10	25
II	15	35
III	20	45
IV	25	55

Tabela 14.3 - Seção dos mínimos dos materiais do SPDA (Tabela 3 da NBR 5419:2001).

Material	Captor e Anéis Intermediários (mm ²)	Descidas (para Estruturas de Altura até 20 m) (mm ²)	Descidas (para Estruturas de Altura Superior a 20 m) (mm ²)	Eletrodo de Aterramento (mm ²)
Cobre	35	16	35	50
Alumínio	70	25	70	-
Aço galvanizado a quente ou embutido em concreto	50	50	50	80

14.7.8. Dispositivo de Proteção contra Surtos - DPS

A **NBR 5410:2004, item 6.3.5**, estabelece as prescrições para o uso e localização dos DPS. É um dispositivo de proteção contra sobretensões transitórias (surtos de tensão) "anulando as descargas indiretas na rede elétrica causados por descargas atmosféricas".



Figura 14.8 - DPS UNIC.
Cortesia: Pial-Legrand.

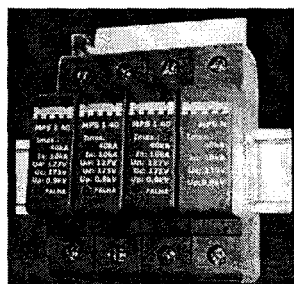


Figura 14.9 - DPS MTM.
Cortesia: MTM.

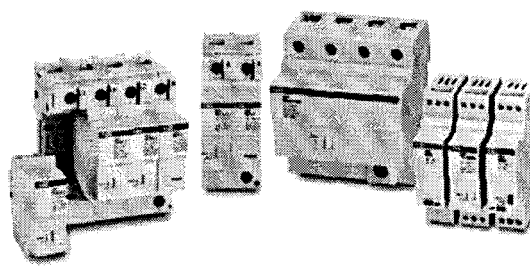


Figura 14.10 - Vários tipos de DPS.
Cortesia: ABB.

A finalidade da utilização dos DPS visa, sobretudo a segurança e à saúde das pessoas.

14.7.8.1. Seleção dos DPS

Os DPS devem atender à IEC 61643-1 e ser selecionados com base no mínimo nas seguintes características:

- Nível de proteção;
- Máxima tensão de operação contínua;
- Suportabilidade a sobretensões temporárias;
- Corrente nominal de descarga e/ou corrente de impulso;
- Suportabilidade à corrente de curto-circuito.

Os componentes da instalação devem ser selecionados de modo que o valor nominal de sua tensão de impulso suportável não seja inferior àqueles indicados na tabela 14.4.

Tabela 14.4 - Suportabilidade a impulso exigível dos equipamentos da instalação (Tabela 31 da NBR 5410:2004).

Tensão Nominal da Instalação (V)		Tensão de Impulso Suportável Requerida (kV)			
		Categoria do Produto			
Sistemas trifásicos	Sistemas monofásicos com neutro	Produto a ser utilizado na entrada da instalação	Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais	Equipamentos de utilização	Produtos especialmente protegidos
		Categoria de Suportabilidade a Impulsos			
		IV	III	II	I
120/208 127/220	115-230 120-240 127-254	4	2,5	1,5	0,8
220/380, 230/400, 277/480	-	6	4	2,5	1,5
400/690	-	8	6	4	2,5

Notas:

1. O anexo E da norma NBR 5410:2004 traz orientações sobre esta tabela.
2. Valores válidos especificamente para seccionadores e interruptores-seccionadores são dados na tabela 14.5.
3. Para componentes associados a linhas de sinal utilizado na entrada da instalação (Categoria IV de suportabilidade), a tensão de impulso suportável mínima é de 1500 V (Ver IEC 61663-2).

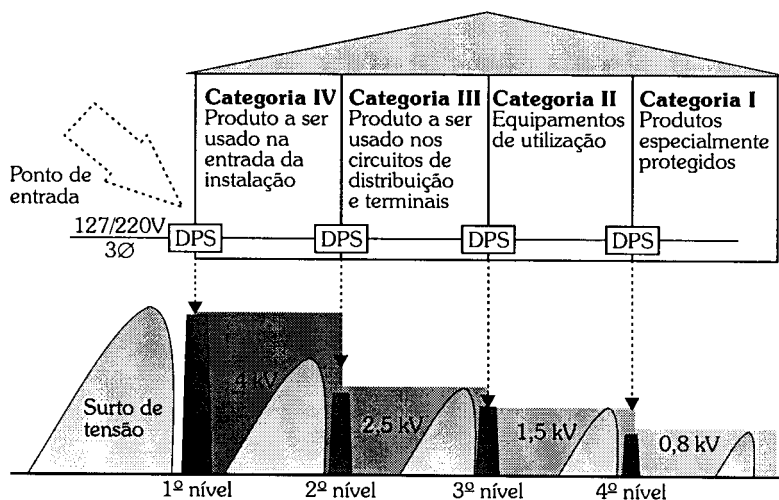


Figura 14.11 - Exemplo de utilização da tabela 14.4, que trata da suportabilidade de impulsos. Cortesia: Revista EM-Eletricidade Moderna, março de 2005.

Tabela 14.5 - Tensão de impulso suportável em função da tensão nominal. (Tabela 50 da NBR 5410:2004).

Tensão Nominal da Instalação		Tensão de Impulso Suportável para Seccionadores e Seccionadores-interruptores	
Sistemas trifásicos (V)	Sistemas monofásicos com neutro (V)	Categoria de sobretensões III (kV)	Categoria de sobretensões IV (kV)
-	120 - 240	3	5
220/380, 230/400, 277/480	-	5	8
400/690, 577/1000	-	8	10

Notas:

1. No que se refere a sobretensões atmosféricas, não é feita distinção entre sistemas aterrados e não aterrados.
2. As tensões de impulso suportável se referem a uma altitude de 2 000 m.
3. As categorias de sobretensões, conforme tabela 14.4, são explicadas no anexo E(ver NBR 5410:2004, página 195). Os valores de suportabilidade indicados na tabela 14.4 são valores mínimos e de caráter geral, enquanto os desta tabela referem-se especificamente a seccionadores e interruptores-seccionadores.

14.7.8.2. Exemplo de DPS e Utilização

- DPS 20 kA:** recomendado como proteção única ou primária em instalações situadas em zonas de exposição a raios classificadas como AQ1 (desprezível). Deve ser instalado no circuito elétrico no qual o equipamento está conectado.
- DPS 30 kA:** recomendado como proteção única ou primária em redes de distribuição de baixa tensão situadas em áreas urbanas e densamente edificadas, expostas a raios classificadas como indiretas (AQ2). Deve ser instalado junto com o quadro de distribuição central de rede elétrica.
- DPS 45 kA:** recomendado como proteção única ou primária em redes de distribuição de baixa tensão situadas em áreas rurais ou urbanas com poucas edificações, em zonas expostas a raios classificadas como diretas (AQ3) e com históricos freqüentes de sobretensão. Deve ser instalado junto com o quadro de distribuição central de rede elétrica.
- DPS 90 kA:** recomendado como proteção única ou primária em redes de distribuição de baixa tensão situadas em áreas rurais ou urbanas com poucas edificações, em zonas expostas a raios classificadas como diretas (AQ3) e com histórico de freqüência elevada de sobretensões. Deve ser instalado junto com o quadro de distribuição central de rede elétrica.

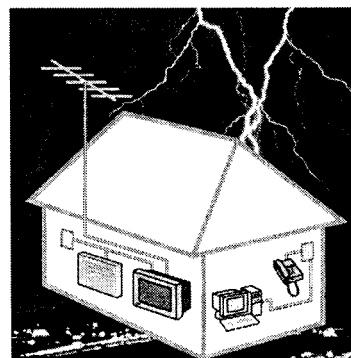


Figura 14.12 - Exemplo de utilização do DPS.
Cortesia: Pial-Legrand.

Tabela 14.6 - Coordenação dos DPS (Pial-Legrand).

$I_{m\acute{a}x.}$ (kA) Corrente Máxima de Descarga (8/20 μ s)	I_n (kA) Corrente Nominal de Descarga (8/20 μ s).	V_p (kV) Nível de Proteção por Corrente Nominal
20	10	1,1
30	10	1,3
45	20	1,5
90	40	1,5

Tabela 14.7 - Valor mínimo de tensão de operação contínua (V_c) exigível do DPS, em função do esquema de aterramento (Tabela 49 da NBR 5410:2004).

DPS conectado entre				Esquema de aterramento				
Fase	Neutro	PE	PEN	TT	TN-C	TN-S	IT com Neutro Distribuído	IT Saem Neutro Distribuído
X	X			1,1 V_o		1,1 V_o	1,1 V_o	
X		X		1,1 V_o		1,1 V_o	$\sqrt{3} V_o$	V
X			X		1,1 V_o			
	X	X		V_o		V_o	V_o	

Notas:

- Ausência de indicação significa que a conexão considerada não se aplica ao esquema de aterramento.
- V_o é a tensão fase-neutro.
- V é a tensão entre fases.
- Os valores adequados de V_c podem ser significativamente superiores aos valores mínimos da tabela.

14.7.8.3. Instalação dos DPS

A NBR 5410:2004, item 6.5.3.2.2, determina que: "na utilização dos DPS instalados junto com o ponto de entrada da linha elétrica na edificação ou no quadro de distribuição principal, o mais próximo possível do ponto de entrada, eles serão dispostos no mínimo como mostra a figura 14.13.

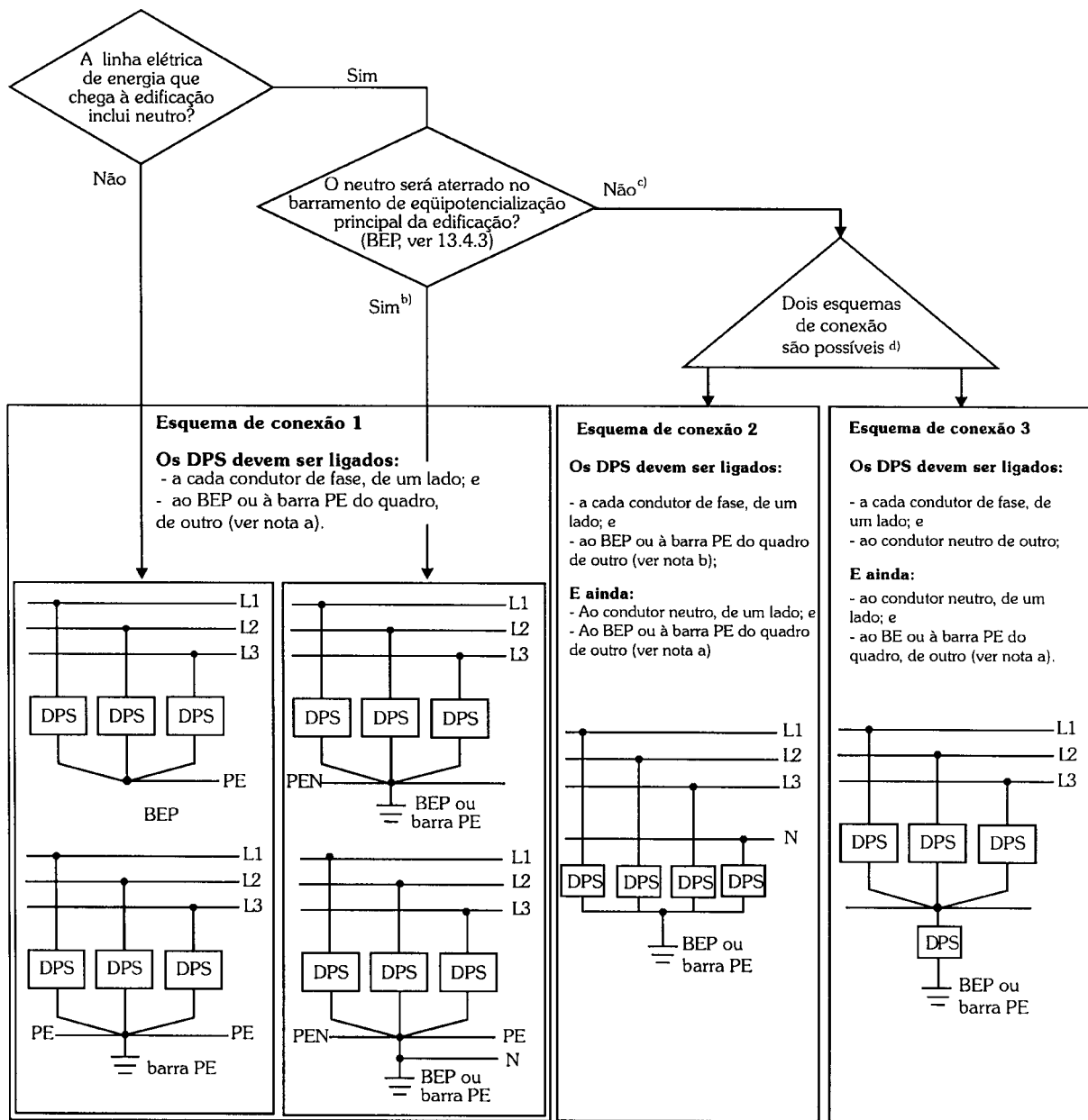


Figura 14.13 - Esquemas de conexão dos DPS no ponto de entrada da linha de energia ou no quadro de distribuição principal da edificação (figura 13 da NBR 5410:2004).

Notas: a) A ligação ao BEP ou à barra PE depende de onde os DPS serão instalados e de como o BEP é instalado, na prática. Assim, a ligação será no BEP quando:

- o BEP se situar a montante (antes) do quadro de distribuição principal (com o BEP localizado, como deve ser, nas proximidades imediatas do ponto de entrada da linha na edificação) e os DPS forem instalados então junto com o BEP, e não no quadro; ou
- os DPS forem instalados no quadro de distribuição principal da edificação e a barra PE do quadro acumular a função de BEP.

Por esse fato, a ligação será na barra PE, propriamente dita, quando os DPS forem instalados no quadro de distribuição e a barra PE do quadro não acumular a função de BEP.

b) A hipótese configura um esquema que entra TN-C e que prossegue instalação adentro TN-C, ou que entra TN-C e em seguida passa a TN-S (como requer a regra geral na nota 2 da figura 13.13). O neutro de entrada, necessariamente PEN, deve ser aterrado no BEP, direta ou indiretamente (ver figura 13.13). A passagem do esquema TN-C a TN-S, com separação do condutor PEN de chegada em condutor neutro e condutor PE, seria no quadro de distribuição principal (globalmente, o esquema é TN-C-S).

c) É possível para essa configuração três possibilidades de aterramento: TT (com neutro), IT com neutro e linha que entra na edificação já em esquema TN-S.

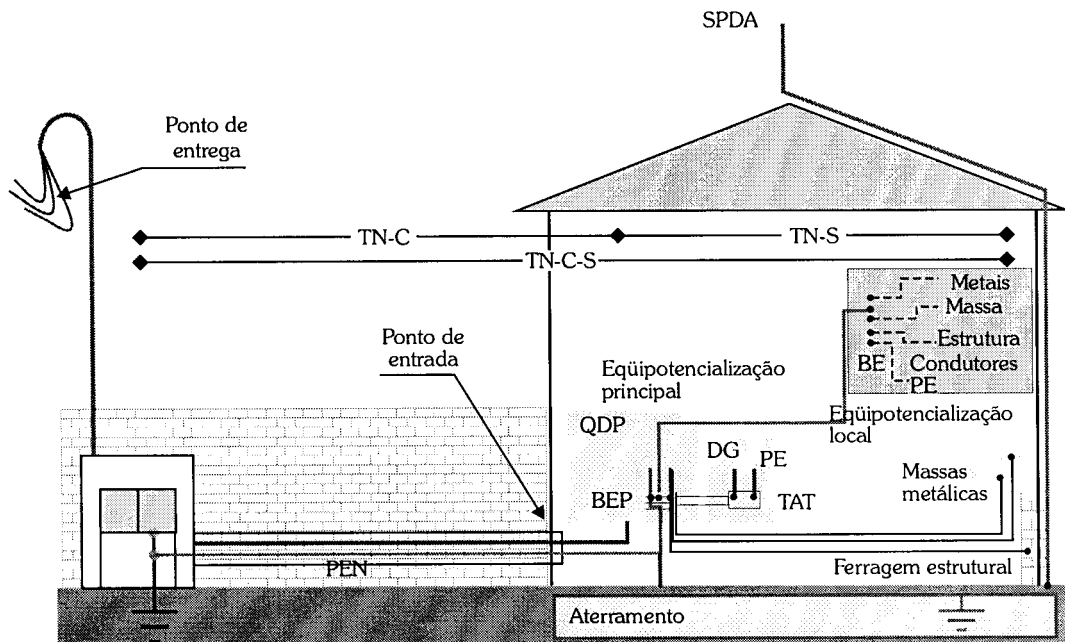


Figura 14.14 - A figura mostra alguns detalhes com relação ao item b) da nota da figura 14.12, métodos de aterramento e não necessariamente a instalação dos DPS. Cortesia: Revista EM - Eletricidade Moderna - março/2005.

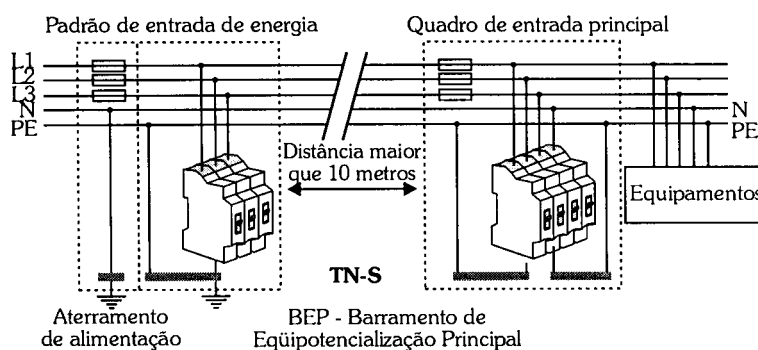


Figura 14.15 - Esquema de aterramento TN-S: O condutor neutro e o condutor de proteção são separados ao longo de toda a instalação após a origem. Cortesia: Pial-Legrand.

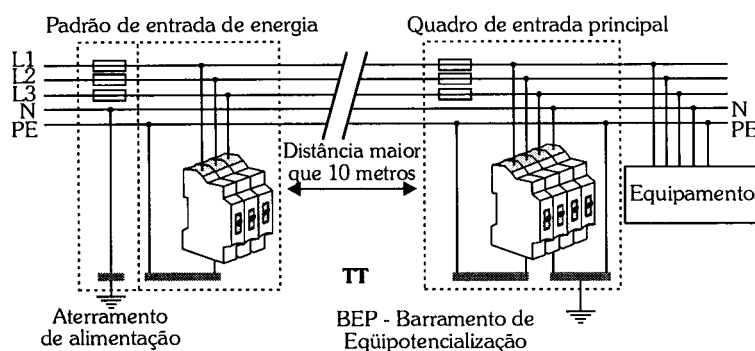


Figura 14.16 - Esquema de aterramento TT: Possui um ponto de alimentação diretamente aterrado, estando os equipamentos da instalação ligados a eletrodos de aterramento eletricamente distintos do eletrodo de aterramento da alimentação. Cortesia: Pial-Legrand.

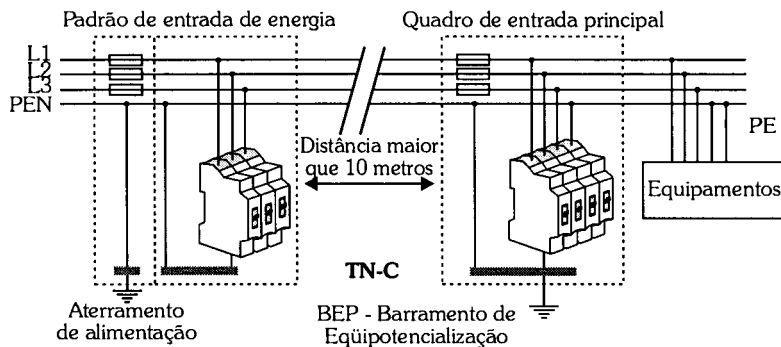


Figura 14.17 - Esquema de aterramento TN-C: As funções de neutro e de condutor de proteção são combinadas em um único condutor ao longo de toda a instalação. Cortesia: Pial-Legrand.

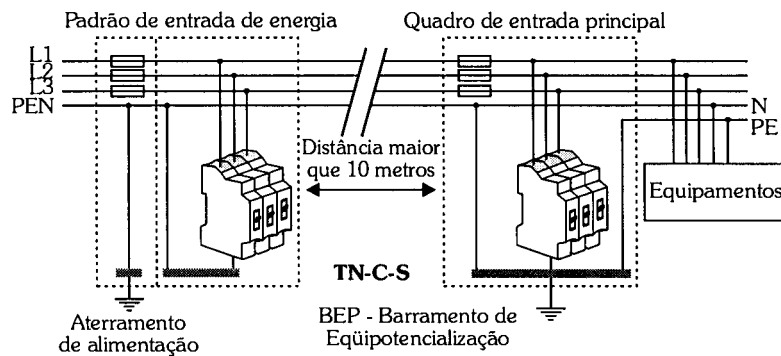
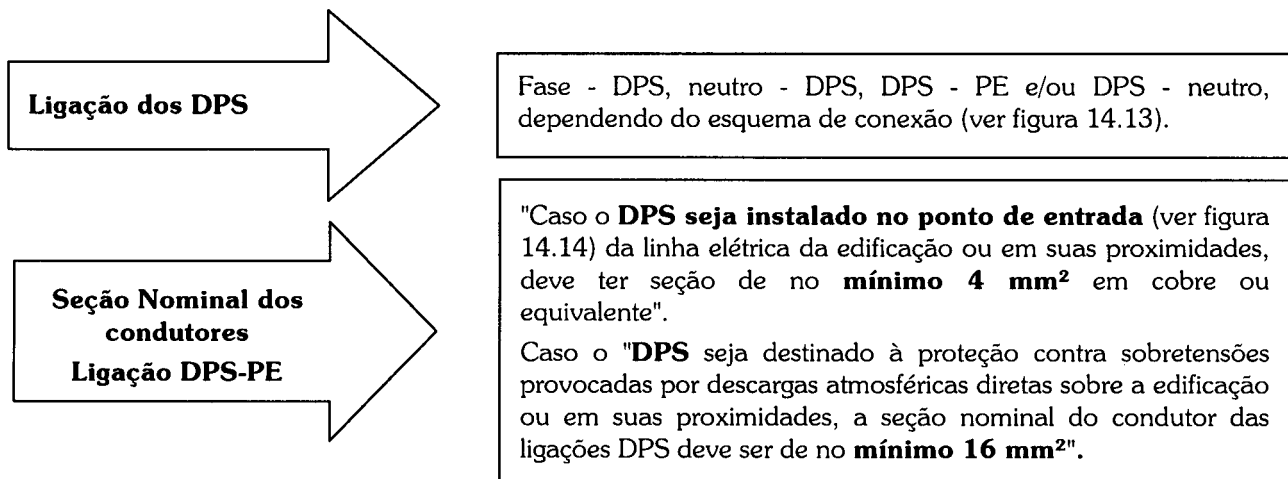


Figura 14.18 - Esquema de aterramento TN-C-S: As funções de neutro e de condutor de proteção são combinadas em um único condutor em uma parte da instalação. Cortesia: Pial-Legrand.

Nota: Numa instalação se existir um quadro secundário, distante mais de dez metros do QDP (Quadro de Distribuição Principal), recomenda-se que nele também seja instalado um DPS, o qual deve ser colocado o mais próximo possível dos equipamentos sob a sua proteção.

14.7.8.4. Condutores de conexão do DPS

Com relação à maneira de conectar os DPS, a **NBR 5410:2004, item 6.3.5.2.9**, determina que "o comprimento dos condutores destinados a conectar o DPS deve ser o mais curto possível, sem curvas ou laços. De preferência, o comprimento total (veja figura 14.19A) não deve ser superior a 0,5 m. Caso a distância a + b indicada na figura 14.19A não puder ser inferior a 0,5 m, pode-se adotar o esquema da figura 14.19B".



As ligações do DPS devem ser as mais curtas e retílineas possíveis (6.3.5.3.5 da NBR).

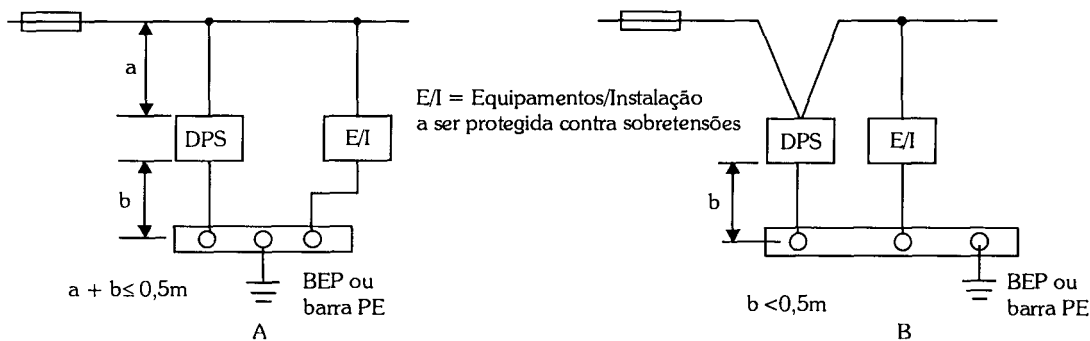


Figura 14.19 - Comprimento máximo total dos condutores de conexão do DPS (figura 15 da NBR 5410:2004).

14.7.8.5. Indicação do estado e falha do DPS

"Quando o **DPS**, devido à falha ou deficiência, deixar de cumprir sua função de proteção contra sobretensões, esta condição deve ser evidenciada da seguinte forma" (6.3.5.2.8 da NBR):

- Por um indicador de estado (um sinalizador luminoso fica piscando enquanto estiver em funcionamento); ou
- Por um dispositivo de proteção à parte.

O **DPS** deve ser do tipo "**falha segura**", incorporando proteção contra sobreaquecimento. A proteção contra sobreaquecimento de um DPS para linha de sinal atua curto-circuitando a linha com a terra (6.2.5.3.4 e nota da NBR).

14.8. Sugestão para a Prevenção contra as Descargas Atmosféricas

Durante uma tempestade ou até mesmo antes da chuva chegar, primeiramente deve-se manter a calma, em seguida proceda da seguinte forma:

Fora de casa

- Jamais fique em campo aberto, pastos, campo de futebol, piscinas, lagos, praias, árvores isoladas, postes e lugares elevados.
- Afaste-se de equipamentos agrícolas (máquinas e tratores), motocicletas, bicicletas e carroças; se estiver num carro com chapa metálica, fique dentro dele com as janelas fechadas.
- Contato com cercas de arame, grades, tubos metálicos, linhas telefônicas, de energia elétrica ou estruturas metálicas,.... nem pensar!

Dentro de casa

- Mantenha-se afastado de fogões, geladeiras, canos, tomadas e não use o telefone.
- Não tomar banho, usar chuveiro ou torneira elétrica.
- Evite ligar aparelhos e motores elétricos, pois eles podem queimar.
- Desligue da tomada os aparelhos eletrônicos como som, computador e televisão. Existem, no comércio especializado, dispositivos especiais para a proteção dos diversos tipos de aparelho.

14.9. Conclusão

Para concluir, devemos lembrar a todos os profissionais da área de instalações elétrica que a proteção contra sobretensões transitórias (surto de tensão), bem como a proteção da instalação como um todo, visa sobretudo a simultaneidade de atuação de tal forma que os pulsos de tensão e corrente a ela conectados apresentem o máximo de eficiência possível e sejam suportáveis pelos componentes da instalação, ou seja:



- 15.1. Introdução
- 15.2. Eletricista ou Gambiarrista?
- 15.3. Atender à Norma é Fundamental
- 15.4. Falhas mais Comuns nas Instalações Elétricas de Baixa Tensão
- 15.5. Recomendações Importantes
- 15.6. Análise e Interpretação de Projetos Elétricos (Exemplo)
- 15.7. Verificação Final da Instalação - Procedimentos

15.1. Introdução

O objetivo deste capítulo é orientar os eletricitistas no que se refere à análise e interpretação de projetos elétricos, visando a sua **correta execução**, prevista por quem o elaborou. É um trabalho que normalmente provoca muitas dúvidas e muitas vezes até insegurança, mesmo para os eletricitistas que há anos desenvolvem essa atividade. A razão talvez seja pelo fato de que a maioria deles nunca teve uma noção clara, devido à falta de informações teóricas, apenas aquelas passadas nas legendas das plantas. Os símbolos apresentados são interpretados sem os devidos conhecimentos do seu significado e de onde, como e por que os dados são apresentados em um projeto dessa natureza.

Para a melhor compreensão deste capítulo, é muito importante os conhecimentos adquiridos com o estudo dos capítulos anteriores, como, por exemplo, quantidade mínima de pontos de iluminação e de tomadas, potências, cargas recomendadas, traçado de eletrodutos, dimensionamentos, fiação e outros itens, cuja finalidade é o desenvolvimento detalhado de um pequeno projeto elétrico residencial.

Não devemos nos esquecer de que a preocupação de todos aqueles que estão envolvidos com instalações elétricas, quer sejam projetistas ou eletricitistas, deve ser sempre com a correta utilização da energia e que haja colaboração no sentido de melhorar cada vez mais a qualidade das instalações elétricas, que se transformará em maior segurança e redução dos desperdícios no País.

15.2. Eletricista ou Gambiarrista?

Que nós vivemos no País do "jeitinho", não há a menor dúvida! Infelizmente. As instalações elétricas não fogem à regra, onde o imprevisto é uma constante, gerando com isso falsa economia em detrimento da qualidade.

A maioria das instalações elétricas não apresenta as condições mínimas de qualidade, principalmente aquelas executadas em habitações de interesse social. Muitas vezes, são instalações que apresentam graves problemas, e são verdadeiros atentados à segurança dos usuários, sem que haja a menor preocupação com o perigo representado pelas famigeradas "gambiarras".

As instalações em geral e principalmente residenciais (casas e apartamentos) deveriam ser feitas com mais cuidado e zelo, obedecendo sempre às recomendações de qualidade e segurança, e à **norma** para esse tipo de trabalho. No entanto, não é isso que está acontecendo.

As instalações elétricas malfeitas darão origem às extensões e adaptações posteriores, proporcionando estranhas esculturas ou emaranhados de condutores, as "gambiarras".

"Mas, na verdade, os problemas começam desde a elaboração do projeto elétrico, antes mesmo do início da instalação. É raro encontrar uma planta com indicações claras, precisas e de acordo com as normas NBR 5410:2004 e NBR 5444:1989. Suas deficiências serão agravadas depois por falhas na execução, entregue muitas vezes a quem não é do ramo", ou seja, para pessoas não habilitadas.

Para concluir, podemos dizer que a realidade das instalações elétricas em baixa tensão no Brasil é...

- baixo nível de segurança;
- uso de técnicas superadas;
- elevadas perdas de energia.

Resultado...

Dona instalação foi executada por um famigerado "eletressita", mais conhecido como em "el gambiarrista".

... Mas, não tá bom assim

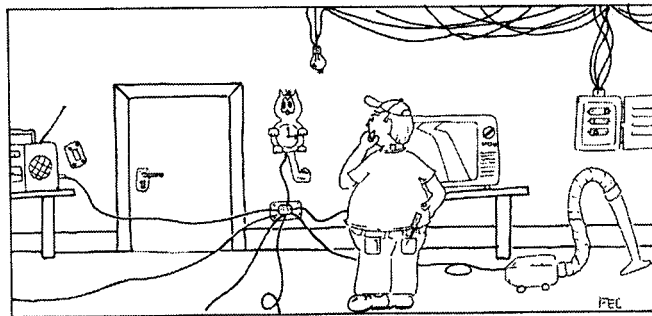


Figura 15.1

... veja como funciona!

... até que um belo dia!

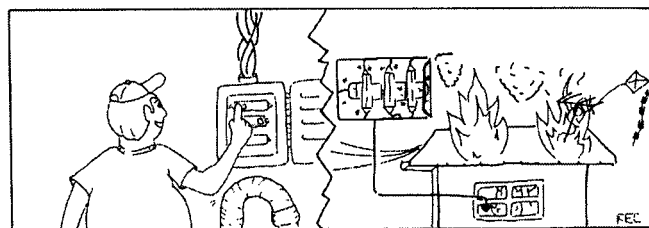


Figura 15.2

"Por mais complexa que seja a instalação elétrica (nova ou reformada), nada pode justificar o improviso."

O eletricitista que não apresentar qualidade em suas instalações não deve se estabelecer.

"O projeto elétrico é coisa séria. Precisa ser elaborado e implantado por pessoas habilitadas."

15.3. Atender à Norma é Fundamental



Figura 15.3

A Norma fixa as condições mínimas exigíveis às instalações elétricas, a fim de garantir o seu funcionamento perfeito, a segurança das pessoas e animais domésticos e a conservação dos bens.

Todo projeto elétrico é elaborado a partir de um projeto de engenharia civil (plantas, cortes e detalhes), e deve seguir as recomendações da NBR 5410:2004 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão e a NBR 5444:1989 - Símbolos Gráficos para Instalações Elétricas.

15.4. Falhas mais Comuns nas Instalações Elétricas de Baixa Tensão

A seguir são enumeradas as falhas mais comuns introduzidas nas instalações elétricas, motivadas muitas vezes por negligência ou falta de conhecimento. São elas:

15.4.1. Ausência de Aterramento, ou Aterramento Inadequado

Na maioria das instalações elétricas, principalmente aquelas de interesse social, são simplesmente ignorados. O condutor de proteção que deve existir em todas as tomadas para aterramento das massas (partes metálicas de aparelhos normalmente não energizados), bem como o **dispositivo DR**, necessários para proteção contra contatos indiretos, não são previstos.

A inobservância desses itens pode significar risco de morte por choque elétrico, ao encostar a mão na carcaça metálica acidentalmente energizada de um aparelho eletrodoméstico.

A situação é agravada pela falta do condutor de proteção nos "**plugues**" (pinos) dos eletrodomésticos. É aquele condutor verde ou verde-amarelo que vem enrolado e preso por uma fita no aparelho (quando existir), que normalmente acaba sendo ignorado. E no final, quem acaba sendo enrolado é o usuário.

A segurança só é completa quando aparelhos e instalações estão corretamente projetados.

15.4.2. Materiais que não Atendem às Normas Técnicas

Este é um dos problemas mais sérios numa instalação. O que tem ocorrido normalmente na execução das instalações elétricas é o uso de materiais que não atendem às normas técnicas. Portanto, são materiais de qualidade duvidosa.

Neste caso, leva-se em consideração apenas o fator preço do material, sem se importar se de fato atendem ou não aos requisitos de qualidade, que é o fator básico da segurança.

Os condutores que devem ser utilizados são aqueles aprovados pela Norma, que possuem a marca de Conformidade NBR.

Outros itens que podem agravar a situação da instalação é o uso de mangueiras no lugar de eletrodutos, fusíveis do tipo rolha ou cartucho (proibidos pela NBR 5410), tomadas, interruptores e receptáculos com ferro latonado ou condutores sem no mínimo 99% de cobre.

15.4.3. Pontos de Luz e Tomadas de Corrente no Mesmo Circuito Terminal

A Norma NBR 5410:2004 é bem clara neste ponto. Circuitos terminais de iluminação e tomadas devem ser individualizados. Caso a instalação de circuitos de iluminação e tomadas pertença ao mesmo circuito terminal, na eventualidade de uma pane em uma tomada ou num ponto de luz, deixa parte ou a totalidade da residência às escuras.

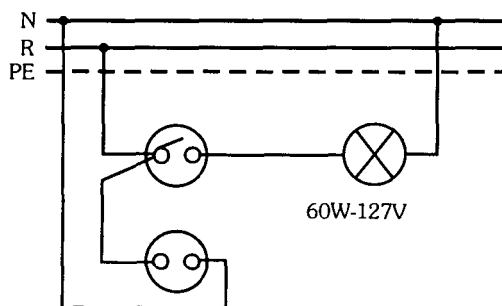


Figura 15.4 - Instalação incorreta.

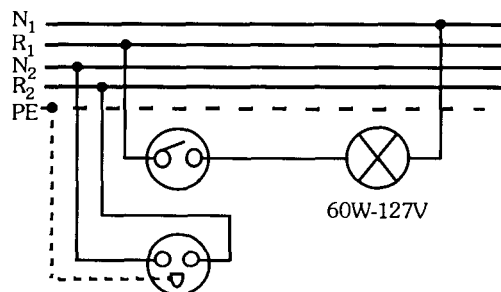


Figura 15.5 - Instalação correta.

15.4.4. Emendas ou Conexões Malfeitas

As emendas ou conexões malfeitas, além de representarem um perigo para a instalação, é causa de perda de energia por Efeito Joule, fazendo com que haja uma redução na vida útil dos aparelhos.

É um problema que se constata em grande número de instalações, que evidentemente está relacionado à mão-de-obra não especializada.

Para uma emenda ou conexão bem-feita siga as recomendações do capítulo 10.

E NÃO SE ESQUEÇA! As emendas de condutores devem ser feitas SEMPRE no interior das caixas de derivação ou de passagem, e NUNCA no interior de eletrodutos.

15.4.5. Instalação de Arandelas em Substituição ao Ponto de Luz no Teto

A NBR 5410:2004, item 9.5.2.1.1, determina que deve haver pelo menos um ponto de luz no teto, comandado por interruptor de parede, que proporciona uma iluminação mais uniforme e adequada. As arandelas são pontos de luz na parede e servem para uma iluminação localizada, dirigida ou decorativa.

Elas não devem ser usadas em substituição ao ponto de luz no teto, pois não apresentam a mesma qualidade de iluminação. Podem ser usadas juntamente, porém com comandos separados.

15.4.6. Previsão de Tomadas em Quantidade Insuficiente

O que ocorre na maioria das instalações é a quantidade insuficiente de tomadas. A cada ano surgem novos aparelhos eletrodomésticos, por isso a necessidade de prever uma quantidade mínima de tomadas conforme determina a Norma.

Muitas vezes levados por uma falsa economia, são instaladas poucas tomadas, e a aquisição de novos aparelhos acaba levando o usuário à improvisação de soluções não recomendadas, que normalmente acabam comprometendo cada vez mais a segurança das instalações.

15.4.7. Falta de Coordenação entre Condutores e Dispositivos de Proteção

Nas instalações elétricas em geral, o dimensionamento dos condutores deve ser sempre compatível com os dispositivos de proteção, o que na realidade, em muitos casos, não ocorre. É comum encontrar nas instalações condutores com seção 2,5 mm² com disjuntor de 25 A e até de 30 A. Desta forma, não haverá proteção contra correntes de sobrecarga, o que pode provocar superaquecimento dos condutores e o perigo de incêndio.

15.4.8. Verificação Final das Instalações não Realizada

A NBR 5410:2004, item 7, estabelece as prescrições gerais sobre os **ensaios de conformidade, verificações e inspeções** que devem ser realizados em todas as instalações elétricas, antes da liberação para uso normal.

No entanto, esses procedimentos, que são detalhados na Norma (veja item 15.7), é prática comum em muitos países e no Brasil profissionais, empresas e instaladores têm, de maneira significativa, o atendimento às determinações da Norma. Mas, infelizmente, devido ao despreparo de alguns profissionais e até mesmo mal intencionados, procuram de todas as formas ludibriarem o cliente fazendo serviços de má qualidade, prejudicando aqueles que trabalham de maneira adequada.

Podemos concluir, resumidamente, que as causas principais dos problemas nas instalações elétricas, que têm ocasionado muitos perigos para os usuários da eletricidade, são:

- Desconhecimento das normas técnicas
- Má qualidade da mão-de-obra
- Uso de componentes de má qualidade (fora das normas)
- Desobediência às normas (economia?)
- Falta de fiscalização/responsabilidade

15.5. Recomendações Importantes

1. A instalação elétrica é uma das etapas extremamente importantes de uma construção (casas, apartamentos, comércio, indústria, etc.), portanto ela deve ser preocupação de todos, isto é, dos profissionais envolvidos (engenheiros, técnicos, eletricitas) e usuários (proprietários e todos os que fazem uso da eletricidade). Compete aos engenheiros e técnicos elaborarem os projetos de acordo com as Normas vigentes, ou seja:
 - NBR 5410:2004 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão.
 - NBR 5444:1989 - Símbolos Gráficos para Instalações Elétricas Prediais.
 - Telebrás - Norma 224 - 315 - 01/01 - Tubulações Telefônicas em Edifícios.
 - Normas da Concessionária Local.
2. Faça um bom planejamento da instalação. Não economize tomadas ou pontos de luz. Quanto mais eles existirem, melhor será a iluminação e menos problemas você terá mais tarde com transportes de equipamentos e extensões.
3. O projeto visa, sobretudo, atender a duas situações bem distintas: maneira de fornecer energia elétrica da rede de distribuição até os pontos de utilização.



4. As instalações elétricas devem ser sempre executadas em função de um **projeto** elaborado antes mesmo da construção das fundações da obra. O **projeto** é uma espécie de raio X da instalação, e é feito a partir do projeto de engenharia civil. Por menor que seja a obra, deve haver um projeto, e que seja o mais detalhado possível, que identifique com precisão a melhor localização dos pontos de luz, interruptores, tomadas, etc.
5. A vantagem na elaboração do projeto elétrico está ligada ao aspecto de segurança (da instalação e dos usuários), precisão (racionalidade) na execução da instalação, bem como a sua funcionalidade. Além disso, você fica sabendo como será a instalação elétrica, que pode auxiliá-lo, no futuro, em possíveis ampliações, modificações e até mesmo em caso de manutenção, e ainda o custo, a quantidade e a especificação do material a ser empregado.
6. A preocupação com a elaboração do projeto, com a instalação correta e com componentes de boa qualidade contribui diretamente com a ...

...conservação de energia.

7. Todo projeto deve ser feito de forma perfeitamente compreensível e esclarecedora. Deve apresentar todos os detalhes possíveis, que garantam aos seus executores e usuários que a instalação executada, na realidade, corresponda ao que foi idealizado no projeto.
8. **Documentação da instalação:** a instalação deve ser executada a partir de projeto específico, que deve conter:
 - a. **Projeto elétrico:**
 - ART (Anotação de Responsabilidade Técnica);
 - Carta de Solicitação de Aprovação à Concessionária;
 - Memorial descritivo da instalação;*
 - Memória de cálculo: *

- Parâmetros de projeto (correntes de curto-circuito, queda de tensão, fatores de demanda considerados, temperatura ambiente, etc.)
- Cálculo de demanda;
- Dimensionamento dos condutores;
- Dimensionamento dos eletrodutos;
- Dimensionamento das proteções.
- Plantas: *
 - Planta de situação;
 - Planta dos pavimentos.
- Esquemas:
 - Verticais (prumadas);
 - Elétrico;
 - Antena coletiva e TV a cabo;
 - Porteiro eletrônico.
- Quadros: *
 - Quadros de distribuição de cargas (QD's) ou quadros de luz (QL's) e quadros de força (QF's);
 - Esquemas multifilares e unifilares.
- Detalhes: *
 - Entrada de serviço (entrada de energia);
 - Caixa seccionadora;
 - Centros de medição;
 - Pára-raios;
 - Caixas de passagem; etc.
- Convenções (simbologia);
- Especificações dos componentes (descrição, características nominais e normas que devem atender);*
- Lista de Materiais.*

Nota: Os itens assinalados com * são os mínimos exigidos pela norma NBR 5410:2004 - item 6.1.8, com relação a Documentação da Instalação.

b. Projeto telefônico:

- ART (Anotação de Responsabilidade Técnica);
- Carta de solicitação de aprovação à concessionária;
- Plantas:
 - Planta de situação;
 - Plantas dos pavimentos.
- Esquemas verticais (prumadas):
 - Tubulação;
 - Redes internas.
- Tabela de distribuição secundária;
- Convenções (simbologia);
- Especificações;
- Lista de materiais.

Nota: Todos os **projetos** deveriam ser elaborados e obedecer às etapas descritas. No entanto, por critérios técnicos e administrativos, as concessionárias exigem a apresentação de **projetos**, no caso da COPEL, nas seguintes situações: **a)** para um único consumidor, a partir de **75 kVA** em Média Tensão (MT); **b)** em casos de agrupamentos de medições que ultrapassem **150 A** por fase. O **CREA** - Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, Regional do Paraná, exige a apresentação de projetos para construções a partir de **100 m²**. **c)** Após concluída a instalação, a documentação deve ser revisada e atualizada, de forma a corresponder fielmente ao que foi executado (documentação "como construído") - (6.1.8.2.)

Notas: 1. A potência das tomadas deve ser indicada ao lado em VA (exceto se for de 100VA).



2. Não existe torneira elétrica (TE) com potência de 1.200 W.

7. A potência total do circuito 2 é 1.200W.
8. Faltam a representação da fiação, número do circuito e seção dos condutores, no trecho de interligação da tomada de meia altura e tomada baixa do circuito 5.
9. **Percurso do eletroduto:** 1) Alterar percurso do eletroduto dos circuitos 4 e 5, com saída do QL, vindo pela parede até a TUE (circuito 4). 2) O circuito 3 pode ser interligado diretamente com o QL.
10. **Proteções:** Circuito 2: disjuntor de 15 A (unipolar); Circuito 3: alterar a potência e tensão do chuveiro para 5.400W - 220V - disjuntor 30A(bipolar); Circuito 4: disjuntor de 35 A (unipolar); Circuito 5: disjuntor de 15 A (unipolar).
 - Disjuntor geral: prever disjuntor ou interruptor diferencial (DR) de 40 A, 30 mA(bipolar).
 - Disjuntor do QM: disjuntor termomagnético (DTM) 50 A (bipolar).
11. **Fiação:** Circuito 1 - A fiação do ponto de iluminação (interruptor e iluminação) da cozinha deve ser fase e retorno; Circuito 2 - A fiação desse circuito é N+F+T; Circuito 3 - A fiação do chuveiro deve ser 2F+T.
12. **Interruptor:** local inadequado do interruptor da cozinha. Sugestão: posicioná-lo na parede em que se encontra a tomada baixa do circuito 5.
13. **Seção dos condutores:** Circuito 2 - A seção mínima para circuitos de tomada é 2,5· (2,5 mm²); Circuito 3 - Seção 6· (6 mm²); Circuito 4 - Seção 6· (6mm²).
14. Faltam indicação das janelas e abertura das portas.

15.6.2. Elaboração de um Projeto Elétrico (Exemplo)

Dada uma determinada unidade habitacional, determinar em função das suas características e dimensões a potência da iluminação (ver item 8.2.1, página 187), potências de tomadas (ver item 8.2.2, página 188) e os demais componentes da instalação, conforme critérios estabelecidos pela **NBR 5410:2004**.

15.6.2.1. Dimensionamento da Iluminação

Ambiente	Dimensões - Área (m ²)	Potência da iluminação (VA)	Total (VA)
Suíte	4,10x4,80 = 19,68	19,68 m ² = 6 m ² + 4 m ² + 4 m ² + 4 m ² + 1,68 m² 100 + 60 + 60 + 60	280
Banheiro Suíte	2,20x2,50 = 5,50	5,50 m ² = Áreas até 6 m ² + 2 arandelas 60 VA 100 * Nota b) página 395	220
Dormitório 1	3,10x3,20 = 9,92	9,92 m ² = 6 m ² + 3,92 m² 100	100
Dormitório 2	3,20x2,80 = 8,96	8,96 m ² = 6 m ² + 2,96 m² 100	100
Banheiro social	2,60x1,30 = 3,38	3,38 m ² = Áreas até 6 m ² + 2 arandelas 60 VA 100 * Nota b) página 395	220
Hall dormitórios	2,10x1,70 = 3,57	3,57 m ² = Áreas até 6 m ² 100	100
Sala de jantar	4,50x3,30 = 14,85	14,85 m ² = 6 m ² + 4 m ² + 4 m ² + 0,85 m² 100 + 60 + 60	220
Sala de estar	3,00x3,20 = 9,60	9,60 m ² = 6 m ² + 3,60 m² 100	100
Cozinha	2,90x3,80 = 11,02	11,02 m ² = 6 m ² + 4 m ² + 1,02 m² 100 + 60	160
Área de serviço	1,80x4,10 = 7,38	7,38 m ² = 6 m ² + 1,38 m² 100	100

Ambiente	Dimensões - Área (m ²)	Potência da iluminação (VA)	Total (VA)
Dormitório da empregada	1,80x2,50 = 4,50	4,50 m ² = Áreas até 6 m ² 100	100
Banheiro empregada	1,20x1,80 = 2,16	2,16 m ² = Áreas até 6 m ² + 2 arandelas 60 VA 100	220
Varanda	0,90x3,10 = 2,79	2,79 m ² = Áreas até 6 m ² 100	100
Churrasqueira	1,40x1,60 = 2,24	2,24 m ² = Áreas até 6 m ² + 1 Lâmpada 60VA 100 * Nota b)	160
Garagem	2,90x9,00 = 26,10	26,10 m ² = 6 m ² +4 m ² +4 m ² +4 m ² +4 m ² +4 m ² +0,10 m ² 100 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 * Ver nota a)	400
Área externa	-	* Ver nota d)	400
Jardim	-	* Ver nota c)	582

Esta tabela mostra, de forma didática, os procedimentos de cálculo de iluminação de acordo com a Norma NBR 5410:2004.

Procedimentos: com os valores das potências de iluminação obtidas em VA, procede-se da seguinte forma:

1. Transferem-se as potências calculadas para a **tabela previsão de cargas** e o posicionamento na planta baixa, utilizando simbologias normalizadas.
2. As potências calculadas na tabela, **dimensionamento de iluminação**, são as mínimas a serem adotadas, conforme determina a **Norma NBR 5410:2004**. Quando for o caso, calcular o múltiplo das potências de lâmpadas comerciais, para chegar à potência de iluminação calculada.
3. Nas dependências, como cozinha, área de serviço, banheiros, garagens, etc., as lâmpadas incandescentes podem ser substituídas pelas fluorescentes compactas, observando-se as devidas equivalências com relação à iluminância (lux) (ver página 198).

Notas:

- a) Por critérios práticos considera-se um ponto de iluminação no teto a cada 16 m² inteiros (16 m² = 1 ponto; 32 m² = 2 pontos, etc.), ou a critério do projetista.
- b) Nos banheiros, além do ponto de iluminação no teto, por exigência da norma, considera-se mais **um ou dois pontos** de 60 VA para as **arandelas** posicionadas: um ponto de arandela sobre o espelho ou dois pontos, uma em cada lado do espelho.
- c) No jardim serão instalados dois refletores com lâmpadas a vapor metálico de 250 W com reator com fator de potência igual a 0,86 (FP = cos φ = 0,86). A potência da lâmpada será:

$$I_p = \frac{P_w}{V \times FP} \quad \text{ou} \quad S = \frac{P}{FP} \Rightarrow S = \frac{250}{0,86} \Rightarrow S \cong 291 \text{ VA para cada lâmpada}$$

sendo:

- **P** - Potência ativa, em watt (W).
- **V** - Tensão elétrica, em volt (V)
- **S** - Potência aparente, em volt - ampère (VA)
- **FP** - Fator de potência

Observação: A diferença (291 - 250 = 41 VA) é a potência necessária para o funcionamento do reator. Assim, quanto mais próximo de **1 (um)** for o Fator de Potência, menores serão as perdas e mais eficiente será a instalação.

- d) A norma **NBR 5410:2004** não estabelece critérios para **iluminação em áreas externas** de residências, ficando a decisão por conta do projetista e do cliente.

15.6.2.2. Previsão de Cargas: Iluminação, Tomadas de Uso Geral (TUG's) e Tomadas de Uso Específico (TUE's)

Considerando a unidade habitacional do tópico anterior:

Ambiente	Dimensões		Iluminação			TUG's			TUE's		
	Área (m ²)	Perímetro (m)	Qtde.	Pot. Unit. (VA)	Pot. Total (VA)	Qtde.	Pot. Unit. (VA)	Pot. Total (VA)	Qtde.	Tipo	Pot. Total (VA)
	a		b			c			d		
Suíte	4,10x4,80 = 19,68	17,8	1	280	280	4	100	400	1	AC	3350
Banheiro suíte	2,20x2,50 = 5,50	9,4	1 2	100 60	220	1	600	600	1	CH	5400
Dormitório 1	3,10x3,20 = 9,92	12,6	1	100	100	3	100	300	-	-	-
Dormitório 2	3,20x2,80 = 8,96	12,0	1	100	100	3	100	300	-	-	-
Banheiro social	2,60x1,30 = 3,38	7,8	1 2	100 60	220	1	600	600	1	CH	5400
Hall dormitórios	2,10x1,70 = 3,57	7,6	1	100	100	1	100	100	-	-	-
Sala de jantar	4,50x3,30 = 14,85	15,6	1	220	220	4	100	400	-	-	-
Sala de estar	3,00x3,20 = 9,60	12,4	1	100	100	3	100	300	1	AC	3350
Cozinha	2,90x3,80 = 11,02	13,4	1 Camp.	160 40	200	3 1 3 1	600 EX = 300 100 MO	1800 300 300 1500	1 1 1	TE LL GRILL	4400 2000 1900
Área de serviço	1,80x4,10 7,38	11,8	1	100	100	3 1	600 100	1900	-	-	-
Dormitório da empregada	1,80x2,50 4,50	8,6	1	100	100	2	100	200	-	-	-
Banheiro empregada	1,20x1,80 2,16	6,0	1 2	100 60	220	1	600	600	1	CH	5400
Varanda	0,90x3,10 = 2,79	8,0	1	100	100	1	100	100	-	-	-
Churrasqueira	1,40x1,60 = 2,24	6,0	1 1	100 60	160	1	100	100	-	-	-
Garagem	2,90x9,00 = 26,10	23,8	2	200	400	2	100	200	-	-	-
Área externa	-	-	4	100	400	2	1000	2000	-	-	-
Jardim	-	-	2	291	582	1	600	600	-	-	-
Motor do portão (1CV)	-	Ver nota e)							1	Motor	1126
TOTAL					3.602			12.600			32.326

TUG's = Tomadas de Uso Geral; TUE's = Tomadas de Uso Específico; Camp. = Campainha; CH = Chuveiro; TE = Torneira Elétrica; EX = Exaustor; AC = Aparelho de Ar Condicionado; LL = Lavadora de Louça.

Notas:

- Dimensões conforme página 397.
- Dimensionamento da iluminação, conforme página 187.
- Dimensionamento das tomadas de uso geral (TUG's), conforme página 188.
- Dimensionamento das tomadas de uso específico (TUE's), conforme página 189.
- Da tabela do fabricante de motores, para um motor trifásico de 1 cv, temos o rendimento ($n = 0,76$), o fator de potência ($FP = \cos \varphi = 0,86$) e fator de serviço ($F_s = 1,25$). Assim, teremos:

$$S = \frac{P_{cv}}{\eta \times FP} \text{ e } I_p = \frac{P_{cv}}{V \times \sqrt{3} \times \eta \times FP} \times F_s$$

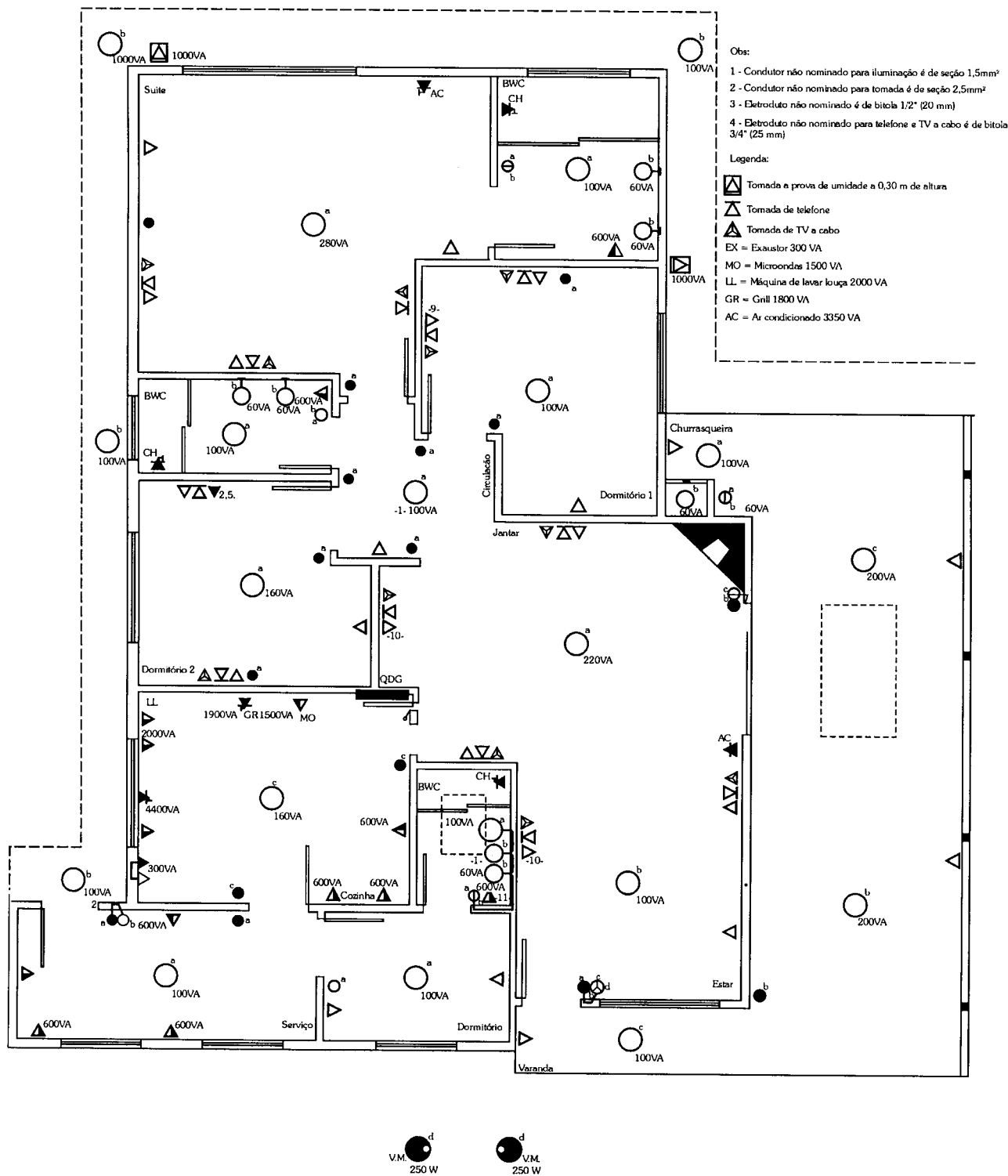
em que:

- **P** - Potência ativa, em watt (W)
- **S** - Potência aparente, em volt-ampère (VA)
- **V** - Tensão elétrica, em volt (V)
- **FP** - Fator de potência
- η - Rendimento
- **I_p** - Corrente de projeto
- **F_s** - Fator de serviço do motor
- 1 cv = 736 W

$$S = \frac{P_{cv}}{\eta \times FP} \Rightarrow S = \frac{736 \times 1}{0,76 \times 0,86} \Rightarrow S = 1.126 \text{ VA}$$

15.6.2.3. Representação dos Símbolos Gráficos na Planta Baixa conforme Previsão de Cargas

Preenchidas as tabelas de previsão de cargas, vamos posicionar os pontos de luz, bem como os pontos de comando (interruptores simples, paralelos, etc.) e as tomadas (TUG's e TUE's), conforme a planta 2A seguinte, bem como indicar a quantidade e potência da iluminação e a potência das tomadas a partir de 300 VA.



Atenção: Não improvise. Leia e interprete corretamente o projeto elétrico antes da execução. Qualquer modificação do projeto original deve ser indicada na própria planta, facilitando no futuro possíveis reformas.

Não se esqueça!!! Caso você não pertença à região de concessão da COPEL, procure obter informações no escritório da Companhia de Energia Elétrica da sua região, para saber o Tipo de Fornecimento e os valores de tensão, os quais podem diferir do exemplo.

15.6.2.4. Quadro de Cargas e Divisão da Instalação em Circuitos

Nº do Circuito	Tipo	Especificação	Potência Total (VA)	Fases a)		
				R	S	T
1	Ilum.	Quartos, hall, banheiros, cozinha e campainha.	1220	1220		
2	Ilum.	Salas, área de serviço, dependências da empregada e área externa.	1140		1140	
3	Ilum.	Jardim, garagem e churrasqueira.	1242			1242
4	TUG's	Cozinha.	2000			2000
5	TUG's	Microondas, exaustor e fogão	1900	1900		
6	TUE	Lavadora de louça b)	2000		1000	1000
7	TUE	Grill b)	1900	950	950	
8	TUG's	Área de serviço.	1900			1900
9	TUG's	Banheiro suite, suíte, quarto 1 e BWC social.	1500		1500	
10	TUG's	Banheiro social, quarto 1 e salas.	1500	1500		
11	TUG's	Dep. da empregada, varanda e garagem.	1100	1100		
12	TUG's	Tomadas externas.	2000		2000	
13	TUE	Torneira elétrica b)	4400	2200		2200
14	TUE	Chuveiro banheiro social b)	5400		2700	2700
15	TUE	Chuveiro suíte b)	5400	2700	2700	
16	TUE	Chuveiro empregada b)	5400	2700		2700
17	TUE	Portão automático - motor 1cv	1126	375	375	376
18	TUE	Ar condicionado suite b)	3350		1675	1675
19	TUE	Ar condicionado sala jantar b)	3350	1675	1675	
Carga Instalada (VA)			47828	16320	15715	15793
Demanda (VA)			e) 21774	7291	7302	7181
Corrente (A)			d)	57,4	57,5	56,5

Notas: a) Em instalações com duas ou três fases as cargas devem ser distribuídas de forma que se obtenha o melhor equilíbrio possível entre elas. Observando as correntes das fases (**R = 57,4A, S = 57,5A e T = 56,5A**), a diferença dessas fases com relação à corrente limite para esse tipo de fornecimento que é 70 A, destina-se à capacidade de reserva para futuras ampliações (**NBR 5410:2004, 4.2.1.1.2**). Para essas novas cargas ou circuitos, a serem instalados, por ocasião de ampliações, devem ser utilizados os disjuntores reserva. b) Para facilitar o equilíbrio de cargas e reduzir os componentes do dimensionamento (disjuntores, condutores e eletrodutos), as cargas de uso específico devem ser ligadas entre duas fases. c) Inicialmente se calcula a demanda, para classificá-la segundo a concessionária local e verificar o número de fases e o restante dos componentes (disjuntores, condutores e eletrodutos) da instalação. d) Para achar a corrente de cada fase, divide-se a demanda em VA pela tensão de cada uma das fases. e) Para comprovar se os cálculos estão corretos, a soma das demandas das fases deve ser igual à demanda total.

15.6.2.5. Cálculo da Demanda da Instalação

Para o cálculo da demanda da instalação, utiliza-se a expressão:

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

- **D** - Demanda da instalação em volt-ampère (VA).
- **P₁** - Somatório das potências da iluminação e as tomadas de uso geral (TUG's) em volt-ampère (VA).

- P_2 - Potência das tomadas de uso específico (TUE's) volt-ampère (VA).
- g_1 - Fator de demanda para iluminação e TUG's (ver página 195 - Tabela 9.1).
- g_2 - Fator de demanda para o número de TUE's (ver página 195 - Tabela 9.2).

Com os dados do Quadro de Cargas e Divisão da Instalação em Circuitos, da página 398, calcula-se:

$$P_1 = (\text{Ilum.} + \text{TUG's}) \therefore P_1 = (3.142 + 9300) \therefore \boxed{P_1 = 12.442 \text{ VA}}$$

O **Fator de Demanda** (g_1), para este caso corresponde àquele que se encontra no levantamento de cargas, página 396, e na linha 11 da Tabela 9.1, que é igual a:

$$\boxed{g_1 = 0,24}$$

$$P_2 = \sum \text{TUE's} \times g_2 \therefore P_2 = 33.926 \times 0,57 \therefore \boxed{P_2 = 19.337,8 \text{ W}}$$

O **Fator de Demanda** (g_2) é obtido em função do número de circuitos de TUE's conforme páginas 396 e 397, e tabela 9.2, página 209, e como temos oito circuitos de TUE's, será:

$$\boxed{g_2 = 0,57}$$

De posse dos valores de Iluminação, TUG's e TUE's e respectivos fatores de demanda (g_1 e g_2), podemos calcular a demanda (D) desse consumidor:

$$D = (P_1 \times g_1) + (P_2 \times g_2) \therefore D = (12.442 \times 0,24) + (33.926 \times 0,57) \therefore$$

$$D = 2.772 + 19.337,8 \therefore \boxed{D = 22.109,8 \text{ VA ou } 22,11 \text{ kVA}}$$

De posse dos dados da demanda e da norma da concessionária local (neste caso utilizaremos a Norma Copel), iniciamos o dimensionamento.

Consultando a **Tabela 9.3 - Limitações das Categorias de Atendimento** e a **Tabela 9.4 - Dimensionamento da Categorias de Atendimento**, determinam-se os componentes da **Entrada de Energia** para a especificação do consumidor.

De posse da Norma da Concessionária Local, procura-se na Tabela a Demanda imediatamente superior à calculada, e seguindo a mesma linha encontramos os componentes da entrada de energia.

Categoria: 38	
Demanda da Instalação: 22,11 kVA	Demanda da Categoria: 26 kVA
Disjuntor: Tripolar de 70 A.	Fases
	Número de Fases = 3 Número de Fios = 4
	Tensão = 220/127 V
Condutores	
Ponto de Entrega Cobre = 25 mm ² Alumínio = 16 mm ² ou 4 AWG	Ponto de Entrada Cobre: Fases = 25 mm ² Neutro = 25 mm ²
Aterramento	
Cobre = 16 mm ² - Aço-cobre = 4 AWG	
Eletroduto	
PVC = 40 mm ou 1.1/4" - Aço-Carbono = 33mm	
Caixa tipo: CN	Poste: Altura = 7,6 m - 100 daN*

*Tabela 9.5

Em função dos dados anteriores e sabendo que para essa entrada de energia temos **três fases**, complementamos o **Quadro de Cargas da Página 398**.

15.6.2.6. Cálculo da Demanda das Fases

Para o **cálculo da demanda para cada uma das fases** do quadro de cargas e divisão da instalação em circuitos (item 10.5.2.2.3), utiliza-se a mesma fórmula usada anteriormente, observando que os fatores de demanda g_1 e g_2 serão os mesmos do cálculo da demanda da instalação.

Portanto,...

$$g_1 = 0,24 \quad e \quad g_2 = 0,57$$

Demanda da Fase R

$$D_R = (P_1 \times g_1) + (P_2 \times g_2) \Rightarrow D_R = (\text{Illum.} + \text{TUG's}) \times 0,24 + (\Sigma \text{TUE's} \times 0,57)$$

$$D_R = (1220 + 4875) \times 0,24 + (10225 \times 0,57) \Rightarrow D_R = 6095 \times 0,24 + 10225 \times 0,57$$

$$D_R = 1462,8 + 5828,25 \Rightarrow D_R = \mathbf{7.291,05 \text{ VA}}$$

Demanda da Fase S

$$D_S = (P_1 \times g_1) + (P_2 \times g_2) \Rightarrow D_S = (5015 \times 0,24) + (10700 \times 0,57)$$

$$D_S = 1203,6 + 6099 \Rightarrow D_S = \mathbf{7.302,6 \text{ VA}}$$

Demanda da Fase T

$$D_T = (P_1 \times g_1) + (P_2 \times g_2) \Rightarrow D_T = (5518 \times 0,24) + (10275 \times 0,57)$$

$$D_T = 1324,32 + 5856,75 \Rightarrow D_T = \mathbf{7.181,07 \text{ VA}}$$

15.6.2.7. Procedimento para a Finalização do Projeto

De posse dos dados, vamos completar o projeto, efetuando as seguintes etapas:

1. Posicionar em local adequado o quadro de distribuição principal, conforme foi visto no capítulo 08.
2. Como já foi feita a divisão da instalação em circuitos, com o preenchimento do "quadro de cargas de divisão da instalação em circuitos" e a representação dos símbolos gráficos na planta, posiciona-se o respectivo número do circuito em cada símbolo.
3. Representar na planta o traçado dos eletrodutos, interligando todos os pontos de luz e tomadas (TUG's e TUE's), partindo do QDP e eletroduto de interligação do QM (Quadro de Medição) até o QDP e a representação da fiação.
4. Representar traçado de eletrodutos dos pontos de telefone e TV a cabo.
5. Dimensionamento da instalação:
 - 5.1 - Dimensionamento dos condutores;
 - 5.2 - Dimensionamento das proteções: disjuntores.
 - 5.3 - Dimensionamento dos eletrodutos.
6. Indicar na planta as seções dos condutores, quando for o caso.
7. Elaboração do Esquema Multifilar do QDP.
8. Elaboração da Entrada de Energia ou Entrada de Serviço.
9. Efetuar a Relação de Materiais.

Atenção: Componentes elétricos que não atendem às especificações técnicas podem colocar em risco a sua segurança e a instalação.

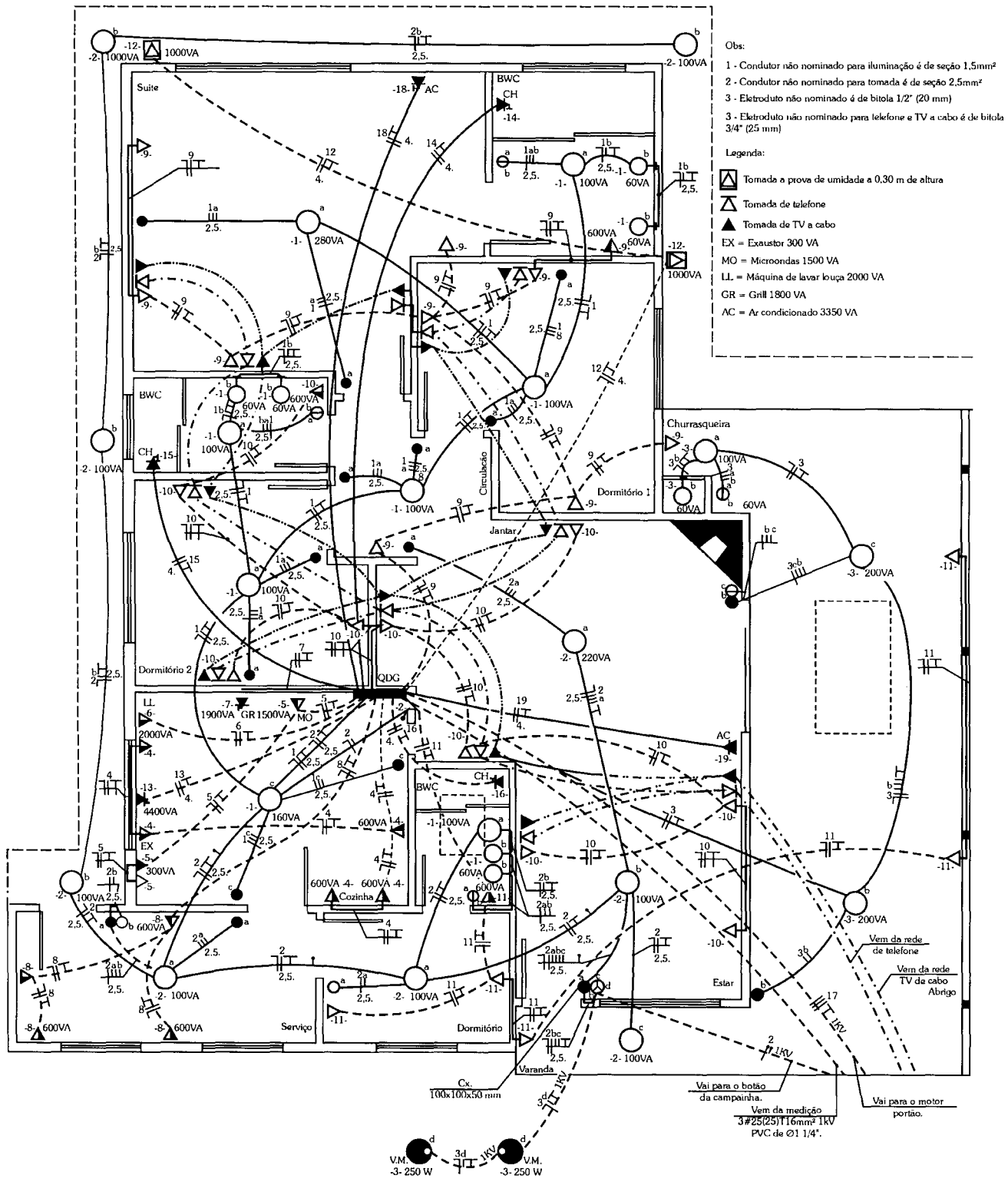


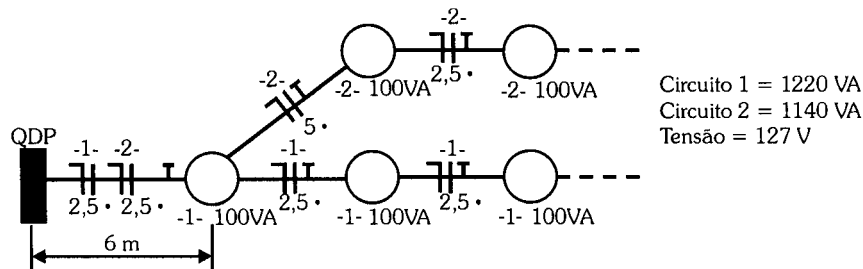
Figura 15.8 - Planta 2B.

Nota: O número de saídas de eletrodutos do Quadro de Distribuição (QD) deve ser limitado em função das reais necessidades da instalação. A quantidade de eletroduto que entra e saem do QD deve ser de tal forma que tenha como finalidade evitar o agrupamento de vários circuitos num mesmo eletroduto, fazendo com que a aplicação do fator de agrupamento de circuitos não dê possibilidade no aumento da seção dos condutores e os nêis de harmônicas, e assim reduzindo os custos da instalação.

15.6.2.7.1. Dimensionamento da Instalação: Condutores, Disjuntores e Eletrodutos

Na seqüência acompanhe os cálculos para a determinação dos condutores, disjuntores e eletrodutos. Lembramos que todos os circuitos são instalados em eletrodutos de PVC embutidos em alvenaria (Método de instalação 7, B1 - Tabela 10.8), condutores com isolamento de PVC 750 V, temperatura ambiente é de 30°C e número de condutores carregados = 2 (exceto para o circuito 17 que é 3cc).

Circuito 1 e 2

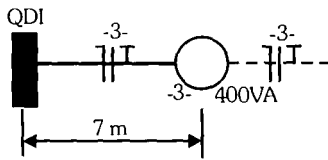


Solução:

A - Pelo Critério da Capacidade de Condução de Corrente	
Circuito 1	Circuito 2
$I_p = \frac{S_n}{v} \Rightarrow I_p = \frac{1220}{127} \Rightarrow I_p = 9,6A$	$I_p = \frac{S_n}{v} \Rightarrow I_p = \frac{1140}{127} \Rightarrow I_p = 8,98A$
Tabela 10.10 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 0,75 mm² .	Tabela 10.10 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 0,5 mm² .
Tabela 10.6 - Seção mínima para circuito de iluminação - 17,5A ... Seção dos condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 1,5 mm²	
B - Pelo Critério da Queda de Tensão	
$\Delta V_{unit.} = V/A \times km =$ Tabela 10.22, Coluna 5 - $e(\%) =$ Figura 10.11 ($\leq 4\%$)	
$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times d \times 100}{v}$	
$\Delta e(\%) = \frac{27,6 \times 9,6 \times 0,006 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = 1,25\%$	$\Delta e(\%) = \frac{27,6 \times 8,98 \times 0,006 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = 1,17\%$
A queda de tensão no trecho foi menor que 4% . Portanto... ... 17,5 A... Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção(PE) 1,5 mm² .	
C - Dimensionamento dos Disjuntores	
FCA = 0,8 - Tabela 10.16 - 2 circuitos no eletroduto. FCT = 1,0 (30°) - Tabela 10.14. $I_n =$ Tabela 13.13.	
$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 17,5 \times 0,80 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 14 A$	

$I_p \leq I_n \leq I_z$ $9,6A \leq I_n \leq 14A$ $9,6A \leq \mathbf{10A} \leq 14A$	$I_p \leq I_n \leq I_z$ $8,98A \leq I_n \leq 14A$ $8,98A \leq \mathbf{10A} \leq 14A$
<p>Correção de temperatura para o disjuntor em função de estar dentro do QDP. $30^\circ\text{C} + 10^\circ\text{C} = \mathbf{40^\circ\text{C}} - \mathbf{FCT} = \mathbf{0,87}$ - Tabela 10.14 (Página 245).</p>	
$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{\text{FCT}} \Rightarrow I_d = \frac{9,6}{0,87} \Rightarrow \mathbf{I_d = 11 A}$	$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{\text{FCT}} \Rightarrow I_d = \frac{8,98}{0,87} \Rightarrow \mathbf{I_d = 10,3 A}$
Disjuntor imediatamente superior - 15 A	Disjuntor imediatamente superior - 15 A
$I_p \leq I_n \leq I_z$ $9,6A \leq \mathbf{15A} \leq 14A$	$I_p \leq I_n \leq I_z$ $8,98A \leq \mathbf{15A} \leq 14A$
<p>Com esse disjuntor e seção do condutor 1,5 mm² a inequação não é atendida. Portanto, deve-se proceder ao recálculo do circuito para seção dos condutores imediatamente superior.</p> <p>... 24 A... Seção dos condutores 2,5 mm².</p> $I_z = I_c \times \text{FCA} \times \text{FCT} \Rightarrow I_z = 24 \times 0,8 \times 1,0 \Rightarrow$ $\mathbf{I_z = 19,2 A}$ $I_p \leq I_n \leq I_z$ $9,6A \leq \mathbf{15A} \leq 19,2A$ <p>Para o circuito 1 adota-se...</p> <p>Disjuntor Unipolar 15 A Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 2,5 mm²</p>	<p>Idem para o circuito 2. O disjuntor e seção do condutor 1,5 mm² a inequação não é atendida. Portanto, deve-se proceder o recálculo do circuito para seção dos condutores imediatamente superior.</p> <p>... 24 A... Seção dos condutores 2,5 mm².</p> $I_z = I_c \times \text{FCA} \times \text{FCT} \Rightarrow I_z = 24 \times 0,8 \times 1,0$ $\mathbf{I_z = 19,2 A}$ $I_p \leq I_n \leq I_z$ $8,98A \leq \mathbf{15A} \leq 19,2A$ <p>Para o circuito 2 adota-se...</p> <p>Disjuntor Unipolar 15 A Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 2,5 mm²</p>
<p>D - Dimensionamento do Eletroduto</p> <p>$S_t =$ Tabela 12.3 - valor imediatamente superior. $D =$ Tabela 12.4.</p>	
<p>Circuito 1 - Condutores 2,5 mm² - Circuito 2 - Condutores 2,5 mm².</p> $S_t = N_1 \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} + N_2 \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} \Rightarrow S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} + 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} \Rightarrow \mathbf{S_t = 27,24 + 27,24 \Rightarrow}$ $\mathbf{S_t = 54,48 \text{ mm}^2}$ <p>Pela Tabela 12.3, Valor imediatamente superior a 54,48 mm² encontramos 80,4 mm². Portanto,...</p> <p>Eletroduto de PVC de Ø_n 20mm ou 1/2"</p> <p>Por ser o diâmetro mínimo exigido pela Norma, não é necessária a indicação no projeto. Apenas citar na Nota: "Eletrodutos não especificados são de Ø_n 20mm ou 1/2".</p>	

Circuito 3



Circuito 3 = 1.242 VA - 127 V.

Nota: Para distâncias pequenas em unidades habitacionais considera-se a distância do QDP até o primeiro ponto de iluminação. Caso as distâncias entre os pontos de iluminação forem consideradas acentuadas pelo projetista, utiliza-se o critério de cálculo trecho a trecho, conforme página 259.

A - Pelo Critério da Capacidade de Condução de Corrente

$$I_p = \frac{S_n}{v} \Rightarrow I_p = \frac{1242}{127} \Rightarrow I_p = 9,8 \text{ A}$$

Tabela 10.10 - Coluna 6 - **11A... Seção dos Condutores 0,75 mm².**

Conforme Tabela 10.6 - Circuito de iluminação - **Seção dos Condutores 1,5 mm².**

B - Pelo Critério da Queda de Tensão

$\Delta V_{\text{unit.}} = V/A \times km =$ Tabela 10.22, Coluna 5 - $e(\%) =$ Figura 10.11 ($\leq 4\%$)

$$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{\text{unit.}} \times I_p \times d \times 100}{v} \Rightarrow \Delta e(\%) = \frac{27,6 \times 9,8 \times 0,007 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = 1,49\% (\leq 4\%)$$

Como $\Delta e(\%)$ é inferior a 4%. \Rightarrow **17,5A ... Seção dos condutores 1,5 mm².**

C - Dimensionamento dos Disjuntores

FCA = 0,8 - Tabela 10.16 - 2 circuitos no eletroduto. - FCT = 1,0 (30°) - Tabela 10.14; $I_n =$ Tabela 13.13.

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$9,6\text{A} \leq I_n \leq 17,5\text{A}$$

$$9,6\text{A} \leq \mathbf{10A} \leq 17,5\text{A}$$

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT$$

$$I_z = 17,5 \times 1,0 \times 1,0$$

$$\mathbf{I_z = 17,5 A}$$

Correção de temperatura para o disjuntor em função de estar dentro do QDP.

$$30^\circ\text{C} + 10^\circ\text{C} = \mathbf{40^\circ\text{C}} - \mathbf{FCT = 0,87} - \text{Tabela 10.14.}$$

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_d = \frac{9,8}{0,87} \Rightarrow \mathbf{I_d = 11,3 A} \leftarrow \text{Disjuntor imediatamente superior - } \mathbf{15 A}$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$9,6\text{A} \leq I_n \leq 17,5\text{A}$$

$$9,6\text{A} \leq \mathbf{15A} \leq 17,5\text{A}$$

Para o **circuito 3** a inequação anterior é plenamente atendida. Portanto, adota-se:

Disjuntor Termomagnético Unipolar - 15 A
Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 1,5 mm²

Nota: Por ser a seção mínima dos condutores, não é necessário representar no projeto. Apenas coloca-se na **nota: "Todo condutor não especificado para circuito de iluminação é de seção 1,5 mm².**

D - Dimensionamento do Eletroduto

S_t = Tabela 12.3 - valor imediatamente superior.

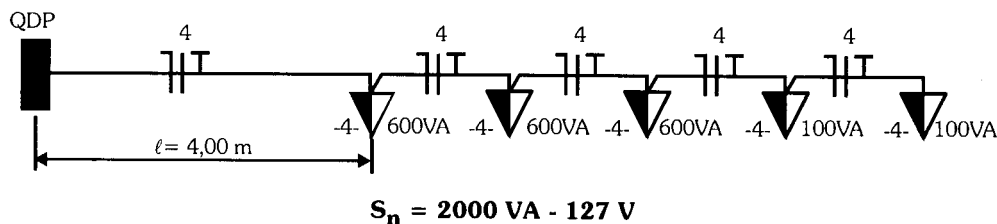
D = Tabela 12.4.

$$S_t = N_3 \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} \Rightarrow S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 2,8^2)}{4} \Rightarrow S_t = 18,47 \text{ mm}^2.$$

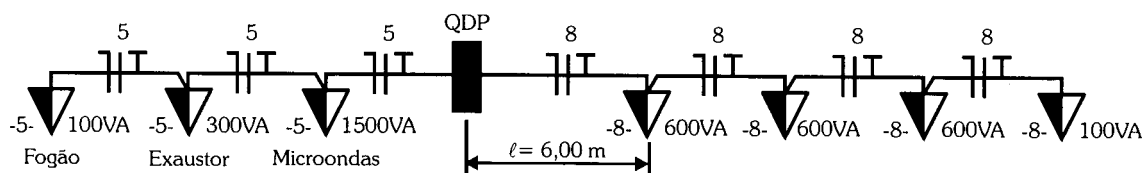
Pela Tabela 12.3, valor imediatamente superior a **18,47 mm²** encontramos **80,4 mm²**. Portanto...

Eletroduto de PVC de \varnothing_n 20mm ou 1/2".

Circuito 4 e 12



Circuito 5 e 8



- Circuito 5 (microondas, exaustor e fogão) = 1900 VA
- Circuito 8 (TUG's - área de serviço) = 1900 VA
- Tensão = 127 V

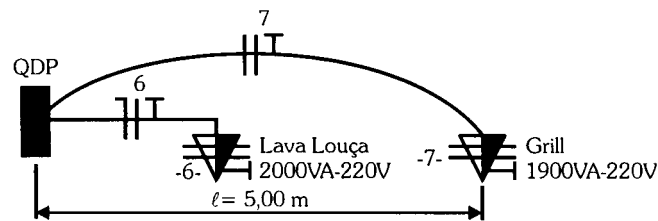
Solução:

A - Pelo Critério da Capacidade de Condução de Corrente	
Circuitos 4 e 12	Circuitos 5 e 8
$I_p = \frac{S_n}{V} \Rightarrow I_p = \frac{2000}{127} \Rightarrow I_p = 15,8A$	$I_p = \frac{S_n}{V} \Rightarrow I_p = \frac{1900}{127} \Rightarrow I_p = 15 A$
Tabela 10.10 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 1,5 mm² .	Tabela 10.10 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 1,5 mm² .
Tabela 10.6 - Seção mínima para circuito de força (tomada de corrente) 24 A ... Seção dos condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 2,5 mm² .	
B - Pelo Critério da Queda de Tensão - (Dentre dos circuitos pegamos a distância maior).	
$\Delta V_{unit.} = V/A \times km =$ Tabela 10.22, Coluna 5 - $e(\%) =$ Figura 10.11 ($\leq 4\%$)	

$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{\text{unit.}} \times I_p \times d \times 100}{v}$	
$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 15,8 \times 0,004 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = \mathbf{0,84\%}$	$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 15 \times 0,006 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = \mathbf{1,19\%}$
A queda de tensão no trecho foi menor que 4% . Portanto...	
... 24 A ... Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 2,5 mm².	
C - Dimensionamento dos Disjuntores	
FCA = 1,0 - Tabela 10.16 - 1 circuitos no eletroduto. FCT = 1,0 (30°) - Tabela 10.14; I _n = Tabela 13.13.	
$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = \mathbf{24 A}$	
$I_p \leq I_n \leq I_z$ $15,8 A \leq I_n \leq 24A$ $15,8 A \leq \mathbf{20A} \leq 24A$	$I_p \leq I_n \leq I_z$ $15 A \leq I_n \leq 24A$ $15 A \leq \mathbf{15A} \leq 24A$
Correção de temperatura para o disjuntor em função de estar dentro do QDP. 30°C + 10°C = 40°C - FCT = 0,87 - Tabela 10.14.	
$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_d = \frac{15,8}{0,87} \Rightarrow I_d = \mathbf{18,2 A}$	$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_d = \frac{15}{0,87} \Rightarrow I_d = \mathbf{17,2 A}$
Disjuntor imediatamente superior 20 A .	Disjuntor imediatamente superior 20 A
$I_p \leq I_n \leq I_z$ $15,8 A \leq \mathbf{20A} \leq 24A$	$I_p \leq I_n \leq I_z$ $15 A \leq \mathbf{20A} \leq 24A$
Para o circuito 4 e 12 tanto o disjuntor como a seção dos condutores atendem perfeitamente à inequação anterior. Portanto, adota-se...	Para o circuito 5 e 8 tanto o disjuntor como a seção dos condutores atendem perfeitamente à inequação anterior. Portanto, adota-se...
Disjuntor Unipolar 20 A Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 2,5 mm²	Disjuntor Unipolar 20 A Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção(PE) 2,5 mm².
D - Dimensionamento do Eletroduto	
S _t = Tabela 12.3 - valor imediatamente superior. D = Tabela 12.4.	
Circuito 6 e 7 - Condutores 2,5 mm²	
$S_t = N_{4-12e5-8} \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} \Rightarrow S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} \Rightarrow S_t = \mathbf{27,24 mm^2}$	
Pela Tabela 12.3, valor imediatamente superior a 27,24 mm² encontramos 80,4 mm² . Portanto,...	
Eletroduto de PVC de Ø_n 20mm ou 1/2".	

Nota: Por ser a seção mínima dos condutores e diâmetro mínimo, o eletroduto não é necessário representar no projeto. Apenas coloca-se nas **notas:** **1.** "Todo condutor não especificado para circuito de tomada de corrente é de seção **2,5 mm²**". **2.** "Eletrodutos não especificados são de diâmetro nominal **Ø_n 20 mm ou 1/2"**".

Circuito 6 e 7



Solução:

A - Pelo Critério da Capacidade de Condução de Corrente	
Circuito 6	Circuito 7
$I_p = \frac{S_n}{v} \Rightarrow I_p = \frac{2000}{220} \Rightarrow I_p = 9,1A$	$I_p = \frac{S_n}{v} \Rightarrow I_p = \frac{1900}{220} \Rightarrow I_p = 8,6A$
Tabela 10.10 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 0,75 mm² .	Tabela 10.10 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 0,5 mm² .
Tabela 10.6 - Seção mínima para circuito de força (tomada de corrente) 24 A ... Seção dos condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 2,5 mm² .	
B - Pelo Critério da Queda de Tensão - (dentre dos circuitos pegamos a distância maior).	
$\Delta V_{unit.} = V/A \times km =$ Tabela 10.22, Coluna 5 - $e(\%) =$ Figura 10.11 ($\leq 4\%$)	
$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times d \times 100}{v}$	
$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 9,1 \times 0,005 \times 100}{220} \Rightarrow \Delta e(\%) = 0,34\%$	$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 8,6 \times 0,005 \times 100}{220} \Rightarrow \Delta e(\%) = 0,33\%$
A queda de tensão no trecho foi menor que 4% . Portanto... ... 24 A... Seção dos Condutores Fases e Proteção(PE) 2,5 mm² .	
C - Dimensionamento dos Disjuntores	
FCA = 1,0 - Tabela 10.16 - 2 circuitos no eletroduto. FCT = 1,0 (30°) - Tabela 10.14. $I_n =$ Tabela 13.13.	
$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 24 A$	
$I_p \leq I_n \leq I_z$ $9,1A \leq I_n \leq 24A$ $9,1A \leq 15A \leq 24A$	$I_p \leq I_n \leq I_z$ $8,6A \leq I_n \leq 24A$ $8,6A \leq 15A \leq 24A$

Correção de temperatura para o disjuntor em função de estar dentro do QDP.

$$30^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C} = 40^{\circ}\text{C} - \text{FCT} = 0,87 - \text{Tabela 10.14.}$$

$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{\text{FCT}} \Rightarrow I_d = \frac{9,1}{0,87} \Rightarrow I_d = 10,5 \text{ A}$	$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{\text{FCT}} \Rightarrow I_d = \frac{8,6}{0,87} \Rightarrow I_d = 9,9 \text{ A}$
Disjuntor igual ou imediatamente superior, optamos por disjuntor de 15 A .	Disjuntor imediatamente superior - 10 A
$I_p \leq I_n \leq I_z$ $9,1\text{A} \leq 15\text{A} \leq 24\text{A}$	$I_p \leq I_n \leq I_z$ $8,6\text{A} \leq 10\text{A} \leq 24\text{A}$
Para o circuito 6 tanto o disjuntor como a seção dos condutores atendem perfeitamente à inequação anterior. Portanto, adota-se...	Para o circuito 7 tanto o disjuntor como a seção dos condutores atendem perfeitamente à inequação anterior. Portanto, adota-se...
Disjuntor Unipolar 15 A Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 2,5 mm²	Disjuntor Unipolar 10 A Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 2,5 mm²

D - Dimensionamento do Eletroduto

S_t = Tabela 12.3 - valor imediatamente superior. D = Tabela 12.4.

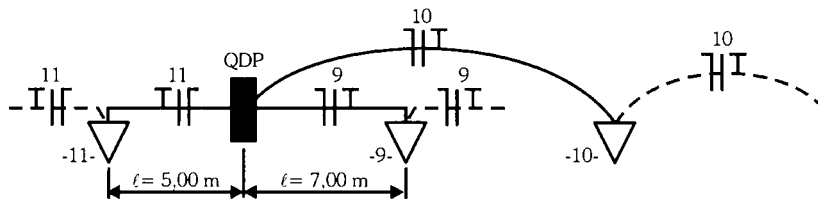
Circuito 6 e 7 - Condutores 2,5 mm²

$$S_t = N_{6/7} \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} \Rightarrow S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} \Rightarrow S_t = 27,24 \text{ mm}^2$$

Pela Tabela 12.3, valor imediatamente superior a **27,24 mm²** encontramos **80,4 mm²**. Portanto,...

Eletroduto de PVC de \varnothing_n 20mm ou 1/2".

Circuitos 9, 10 e 11



Circuito 9 e 10 = 1500VA
Circuito 11 = 1100 VA
Tensão = 127 V

Solução:

A - Pelo Critério da Capacidade de Condução de Corrente	
Circuito 9 e 10	Circuito 11
$I_p = \frac{S_n}{v} \Rightarrow I_p = \frac{1500}{127} \Rightarrow I_p = 11,8 \text{ A}$	$I_p = \frac{S_n}{v} \Rightarrow I_p = \frac{1100}{127} \Rightarrow I_p = 8,7 \text{ A}$

Tabela 10.10 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 1 mm² .	Tabela 10.10 - (I_c) - Coluna 6 - Seção 0,5 mm² .
Tabela 10.6 - Seção mínima para circuito de força (tomada de corrente) 24 A ... Seção dos condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 2,5 mm² .	
B - Pelo Critério da Queda de Tensão - (dentre dos circuitos pegamos a média das distâncias). $\Delta V_{unit.} = V/Axkm =$ Tabela 10.22, Coluna 5 - $e(\%) =$ figura 10.11 ($\leq 4\%$)	
$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times d \times 100}{v}$	
$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 11,8 \times 0,007 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = \mathbf{1,10\%}$	$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 8,7 \times 0,00 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = \mathbf{0,58\%}$
A queda de tensão no trecho foi menor que 4% . Portanto... ... 24 A... Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 2,5 mm² .	
C - Dimensionamento dos Disjuntores FCA = 1,0 - Tabela 10.16 - 2 circuitos no eletroduto. FCT = 1,0 (30°) - Tabela 10.14; $I_n =$ Tabela 13.13.	
$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = \mathbf{24 A}$	
$I_p \leq I_n \leq I_z$ $11,8A \leq I_n \leq 24A$ $11,8A \leq \mathbf{15A} \leq 24A$	$I_p \leq I_n \leq I_z$ $8,7A \leq I_n \leq 24A$ $8,7A \leq \mathbf{10A} \leq 24A$
Correção de temperatura para o disjuntor em função de estar dentro do QDP. $30^\circ C + 10^\circ C = \mathbf{40^\circ C}$ - FCT = 0,87 - Tabela 10.14.	
$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_d = \frac{11,8}{0,87} \Rightarrow I_d = \mathbf{13,6 A}$	$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_d = \frac{8,7}{0,87} \Rightarrow I_d = \mathbf{10 A}$
Disjuntor imediatamente superior - 15 A	Disjuntor imediatamente superior - 15 A
$I_p \leq I_n \leq I_z$ $11,8A \leq \mathbf{15A} \leq 24A$	$I_p \leq I_n \leq I_z$ $8,7A \leq \mathbf{15A} \leq 24A$
Para os circuitos 9 e 10 tanto o disjuntor como a seção dos condutores atendem perfeitamente à inequação anterior. Portanto, adota-se...	Para o circuito 11 , tanto o disjuntor como a seção dos condutores atendem perfeitamente à inequação anterior. Portanto, adota-se...
Disjuntor Unipolar 15 A Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 2,5 mm²	Disjuntor Unipolar 15 A Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 2,5 mm²
D - Dimensionamento do Eletroduto $S_i =$ Tabela 12.3 - valor imediatamente superior. $D =$ Tabela 12.4.	

Circuitos 9, 10 e 11 - Condutores 2,5 mm²

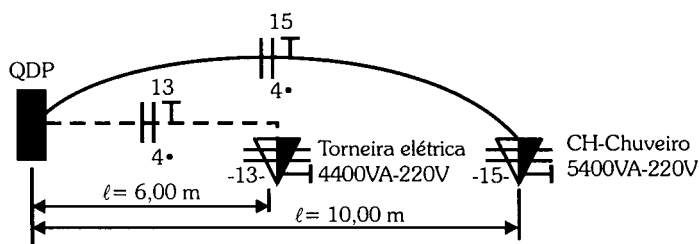
$$S_t = N_{6/7} \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} \Rightarrow S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} \Rightarrow S_t = 27,24 \text{ mm}^2.$$

Pela Tabela 12.3, valor imediatamente superior a **27,24 mm²** encontramos **80,4 mm²**. Portanto,...

Eletroduto de PVC de Ø_n 20mm ou 1/2".

Circuitos 13, 14, 15 e 16

Para o dimensionamento dos **circuitos 14, 15 e 16**, que pertencem aos chuveiros, portanto possuem a mesma potência, pegaremos aquele cujo comprimento do trecho, desde o QDP até a carga, apresenta maior distância.



Solução:

A - Pelo Critério da Capacidade de Condução de Corrente	
Circuito 13	Circuitos 14, 15 e 16
$I_p = \frac{S_n}{V} \Rightarrow I_p = \frac{4400}{220} \Rightarrow I_p = 20 \text{ A}$	$I_p = \frac{S_n}{V} \Rightarrow I_p = \frac{5400}{220} \Rightarrow I_p = 24,6 \text{ A}$
Tabela 10.10 - (I _c) - Coluna 6. Seção 2,5 mm²	Tabela 10.10 - (I _c) - Coluna 6. Seção 4 mm²
B - Pelo Critério da Queda de Tensão - (dentre dos circuitos pegamos a média das distâncias). $\Delta V_{unit.} = V/A \times km = \text{Tabela 10.22, Coluna 5 - } e(\%) = \text{Figura 10.11 } (\leq 4\%)$	
$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times d \times 100}{v}$	
$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 20 \times 0,006 \times 100}{220} \Rightarrow \Delta e(\%) = 0,92\%$	$\Delta e(\%) = \frac{10,6 \times 24,6 \times 0,010 \times 100}{220} \Rightarrow \Delta e(\%) = 1,19\%$
A queda de tensão no trecho foi menor que 4% . Portanto...	
...24A... Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 2,5 mm²	...32A... Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 4 mm²

C - Dimensionamento dos Disjuntores

FCA = 1,0 - Tabela 10.16 - 1 circuitos no eletroduto. FCT = 1,0 (30°) - Tabela 10.14. I_n = Tabela 13.13.

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 24 \text{ A}$$

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 32 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 32 \text{ A}$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$20 \text{ A} \leq I_n \leq 24 \text{ A}$$

$$20 \text{ A} \leq \mathbf{20 \text{ A}} \leq 24 \text{ A}$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$24,6 \text{ A} \leq I_n \leq 32 \text{ A}$$

$$24,6 \text{ A} \leq \mathbf{25 \text{ A}} \leq 32 \text{ A}$$

Correção de temperatura para o disjuntor em função de estar dentro do QDP.
 $30^\circ\text{C} + 10^\circ\text{C} = \mathbf{40^\circ\text{C}}$ - FCT = **0,87** - Tabela 10.14.

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_d = \frac{20}{0,87} \Rightarrow \mathbf{I_d = 23 \text{ A}}$$

$$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_d = \frac{24,6}{0,87} \Rightarrow \mathbf{I_d = 28,3 \text{ A}}$$

Disjuntor imediatamente superior - **25 A**

Disjuntor imediatamente superior - **30 A**

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$20 \text{ A} \leq \mathbf{25 \text{ A}} \leq 24 \text{ A}$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$24,6 \text{ A} \leq \mathbf{30 \text{ A}} \leq 32 \text{ A}$$

Com esse disjuntor e seção do condutor $2,5 \text{ mm}^2$ a inequação não é atendida, portanto deve-se proceder ao recálculo do circuito para seção dos condutores imediatamente superior.

... **32 A... Seção dos condutores 4 mm^2**

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 32 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow I_z = 32 \text{ A}$$

$$I_p \leq I_n \leq I_z$$

$$20 \text{ A} \leq \mathbf{25 \text{ A}} \leq 32 \text{ A}$$

Para o **Circuito 13** adota-se...

Disjuntor Unipolar 25 A
Seção dos Condutores
Fases e Proteção (PE) 4 mm^2

Para os **circuitos 14, 15 e 16** tanto o disjuntor como a seção dos condutores atendem perfeitamente à inequação anterior. Portanto, adota-se...

Disjuntor Unipolar 30 A
Seção dos Condutores
Fases e Proteção (PE) 4 mm^2

D - Dimensionamento do Eletroduto

S_t = Tabela 12.3 - valor imediatamente superior.

D = Tabela 12.4.

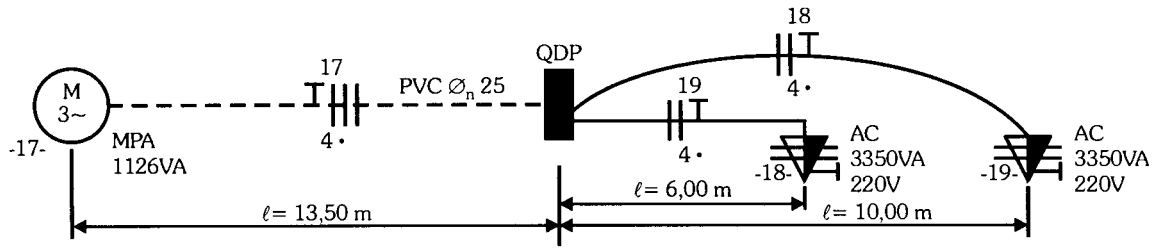
Circuitos 13, 14, 15 e 16 - Condutores 4 mm^2

$$S_t = N_{6/7} \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} \Rightarrow S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,9^2)}{4} \Rightarrow \mathbf{S_t = 35,84 \text{ mm}^2}$$

Pela Tabela 12.3, valor imediatamente superior a **$35,84 \text{ mm}^2$** encontramos **$80,4 \text{ mm}^2$** . Portanto,...

Eletroduto de PVC de \varnothing_n 20mm ou $1/2"$.

Circuitos 17, 18 e 19



Características do circuito 17: Eletrodutos embutido no solo, temperatura ambiente 20°C, condutores de PVC 1000 V (1kV).

Solução:

A - Pelo Critério da Capacidade de Condução de Corrente	
<p>Circuito 17 Tabela 10.8, tipo de linha, método 61A - Referência D</p>	<p>Circuitos 18 e 19</p>
$I_n = \frac{S_n}{V \times \sqrt{3}} \Rightarrow I_n = \frac{1126}{220 \times 1,73} \Rightarrow I_n = 2,96 \text{ A}$ <p>Nota: O valor de S_n já foi calculado na página 396.</p>	$I_p = \frac{S_n}{V} \Rightarrow I_p = \frac{3350}{220} \Rightarrow I_p = 15,2 \text{ A}$
<p>Tabela 10.10 - (I_c) - Coluna 13. $I_{ramal} \leq 1,25 \times I_n \Rightarrow I_{ramal} \leq 1,25 \times 2,96$ $I_{ramal} \leq 3,7 \text{ A}$ Pela Tabela 10.10, condutor 0,5 mm².</p>	<p>Tabela 10.10 - (I_c) - Coluna 6. Seção 1,5 mm².</p>
<p>Tabela 10.6 - Seção mínima para circuito de força (tomada de corrente) 24 A ... Seção dos condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 2,5 mm².</p>	
B - Pelo Critério da Queda de Tensão	
<p>$\Delta V_{unit.} = V/A \times km =$ Tabela 10.22, Coluna 5 e 7 - $e(\%) =$ Figura 10.11 ($\leq 4\%$)</p>	
$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_n \times d \times 100}{V}$	$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times d \times 100}{V}$
$\Delta e(\%) = \frac{14,7 \times 2,96 \times 0,0135 \times 100}{220} \Rightarrow$ $\Delta e(\%) = 0,27\%$	$\Delta e(\%) = \frac{16,9 \times 15,2 \times 0,010 \times 100}{220} \Rightarrow$ $\Delta e(\%) = 1,17\%$
<p>A queda de tensão no trecho foi menor que 4%. Portanto...</p>	
<p>...24A... Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 2,5 mm²</p>	<p>...24A... Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 2,5 mm²</p>

C - Dimensionamento dos Disjuntores	
FCA = 1,0 - Tabela 10.16 - 1 circuitos no eletroduto. FCT = 1,0 (Temperatura ambiente 30° e Temperatura no solo 20°C) - Tabela 10.14. I _n = Tabela 13.13.	
$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow$ I_z = 24 A	$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 24 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow$ I_z = 24 A
$I_p \leq I_n \leq I_z$ $2,96 A \leq I_n \leq 24A$ $2,96A \leq \mathbf{10A} \leq 24A$	$I_p \leq I_n \leq I_z$ $15,2 A \leq I_n \leq 24A$ $15,2A \leq \mathbf{20A} \leq 24A$
Correção de temperatura para o disjuntor em função de estar dentro do QDP. $30^\circ C + 10^\circ C = \mathbf{40^\circ C} - \mathbf{FCT = 0,87}$ - Tabela 10.14.	
$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_m}{FCT} \Rightarrow I_d = \frac{2,96}{0,87} \Rightarrow \mathbf{I_d = 3,4 A}$	$I_{\text{disjuntor}} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_d = \frac{15,2}{0,87} \Rightarrow \mathbf{I_d = 17,5 A}$
Disjuntor com valor superior - 10 A	Disjuntor imediatamente superior - 20 A
$I_p \leq I_n \leq I_z$ $2,96 A \leq \mathbf{10 A} \leq 24A$	$I_p \leq I_n \leq I_z$ $15,2 A \leq \mathbf{20A} \leq 24A$
Para os circuito 17 tanto o disjuntor como a seção dos condutores atendem perfeitamente à inequação anterior. Portanto, adota-se...	Para os circuitos 18 e 19 , tanto o disjuntor como a seção dos condutores atendem perfeitamente à inequação anterior. Portanto, adota-se...
Disjuntor Unipolar 10 A Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 2,5 mm²	Disjuntor Unipolar 30 A Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 2,5 mm²
D - Dimensionamento do Eletroduto	
S _t = Tabela 12.3 - valor imediatamente superior. D = Tabela 12.4.	
Circuito 17 - Condutores 2,5 mm² (1 kV)	Circuitos 18 e 19 - Condutores 2,5 mm² (750 V)
$S_t = N_{17} \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} \Rightarrow S_t = 4 \times \frac{(3,1415 \times 5,62^2)}{4} \Rightarrow$ S_t = 99,2 mm²	$S_t = N_{18/19} \times \frac{(\pi \times D^2)}{4} \Rightarrow S_t = 3 \times \frac{(3,1415 \times 3,4^2)}{4} \Rightarrow$ S_t = 27,2 mm²
Pela Tabela 12.3, valor imediatamente superior a 99,2 mm² encontramos 138,6 mm² . Portanto,...	Pela Tabela 12.3, valor imediatamente superior a 27,2 mm² encontramos 80,4 mm² . Portanto,...
Eletroduto de PVC de Ø_n 25mm ou 3/4"	Eletroduto de PVC de Ø_n 20mm ou 1/2"

15.6.2.7.2. Esquema Multifilar do QDP

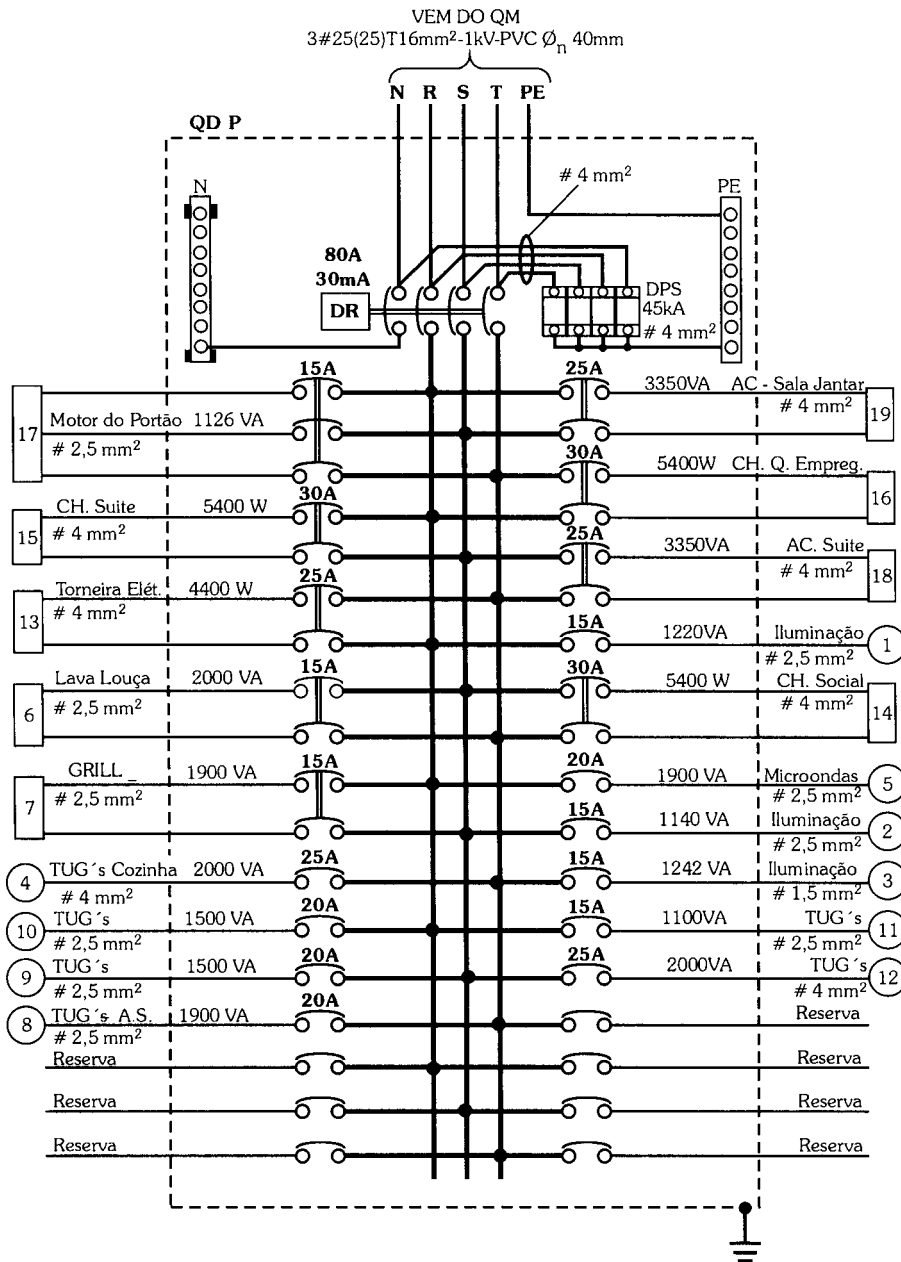


Figura 15.9

15.6.2.7.3. Padrão de Entrada de Energia

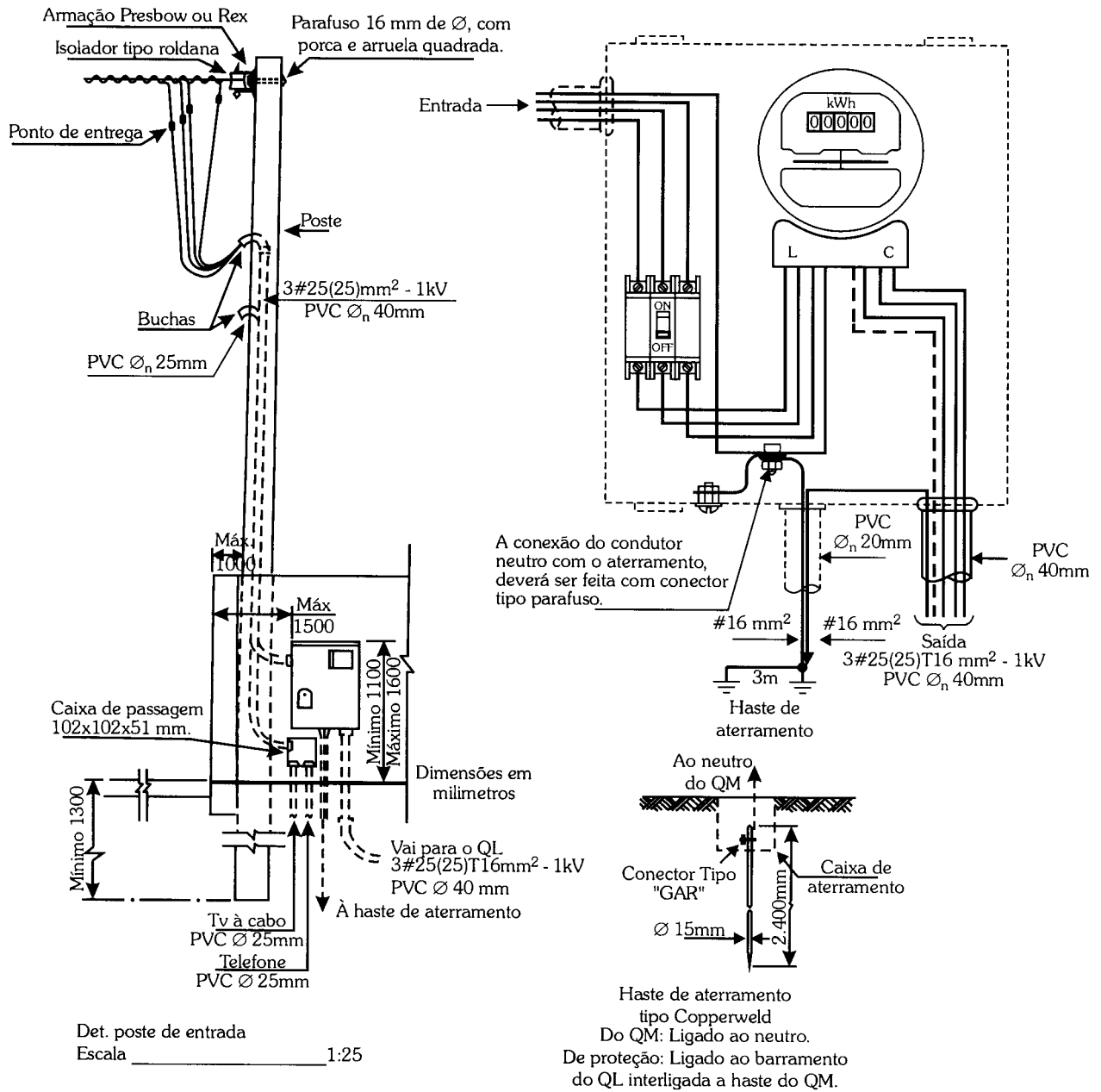


Figura 15.10

15.6.2.7.4. Relação de Materiais

Item	Descrição	Unid.	Quant.
1. ENTRADA DE ENERGIA			
1	Poste de concreto armado de 7,60m, com tubulação embutida para elétrica de 40mm (1.1/4"), tubulação para telefone de 25mm (3/4") e tubulação para TV a cabo de 25mm (3/4") padrão COPEL.	pç	1
2	Caixa tipo "CN" para medidor polifásico, em chapa de aço com pintura anticorrosiva, com dispositivo para lacre, com dimensões de 350x450x200 mm, padrão COPEL	pç	1
3	Eletroduto de PVC rígido de 40 mm (1.1/4"), ref. Tigre	m	3
4	Eletroduto de PVC rígido de 25 mm (3/4"), ref. Tigre	m	3
5	Eletroduto de PVC rígido de 22 mm (1/2"), ref. Tigre	m	3
6	Curva de 90° de PVC rígido de 40 mm (1.1/4") ref. Tigre	pç	1
7	Curva de 90° de PVC rígido de 25 mm (3/4") ref. Tigre	pç	2
8	Curva de 90° de PVC rígido de 20 mm (1/2") ref. Tigre	pç	1
9	Luva de PVC rígido de 40 mm (1.1/4") ref. Tigre	pç	4
10	Luva de PVC rígido de 25 mm (3/4") ref. Tigre	pç	8
11	Luva de PVC rígido de 20 mm (1/2") ref. Tigre	pç	4
12	Bucha e contra-bucha de alumínio para eletroduto de 40 mm (1.1/4") ref. Wetzel	pç	2
13	Bucha e contra-bucha de alumínio para eletroduto de 25 mm (3/4") ref. Wetzel	pç	4
14	Bucha e contra-bucha de alumínio para eletroduto de 20 mm (1/2") ref. Wetzel	pç	2
15	Armação secundário (presbow ou rex) de um estribo	pç	1
16	Isolador de porcelana tipo roldana ref. Lorenzetti	pç	1
17	Parafuso de aço galvanizado de diâmetro 16mmx250mm com cabeça quadrada	pç	1
18	Porca quadrada de aço galvanizado de 16mm de diâmetro	pç	1
19	Arruela quadrada de aço galvanizado de 16mm de diâmetro	pç	1
20	Cabo de cobre Sintenax Antiflan 0,6/1kV, ref.: Pirelli, seção 25 mm ² - Preto	pç	30
21	Cabo de cobre Sintenax Antiflan 0,6/1kV, ref.: Pirelli, seção 25 mm ² - azul	pç	10
22	Cabo de cobre Sintenax Antiflan 0,6/1kV, ref.: Pirelli, seção 16 mm ² - Verde	pç	8
23	Haste de aterramento tipo Copperweld de 5/8"x2,4m com conector tipo "Gar"	pç	1
24	Conector tipo parafuso para cabo 25mm ² ref. Wetzel	pç	1
25	Caixa de PVC 100x100x50mm na cor preta com espelho cego de baquelite na cor cinza ref. Pial	pç	1
26	Disjuntor termomagnético tripolar de 70A curva C , ref. Eletromar	pç	1
27	Conector tipo Tapit padrão Copel	pç	4
28	Alça preformada curta para cabo multiplexado de seção 25mm ²	pç	1
2. INSTALAÇÕES INTERNAS			
1	Quadro de distribuição (QD), composto de armário metálico, de embutir, com porta e espelho em chapa metálica nº 14 USG, com tratamento anti-óxido, guardando distâncias e acessos adequados entre barramentos, porta e espelho com dobradiças e aterrados, com barramentos de fases, neutro e terra conforme diagrama e especificações da ABNT, ref.: Elcosul, contendo:	cj	1
	01 - DR tetrapolar de 80A 30mA Ref. Pial/Legrand Geral do quadro		
	04 - Supressor de surto (DPS) de 45kA ref. Pial		
	01 - Disjuntor termomagnético tripolar de 30A Ref. Pial/Legrand		
	03 - Disjuntor termomagnético bipolar de 25A Ref. Pial/Legrand		
	02 - Disjuntor termomagnético bipolar de 15A Ref. Pial/Legrand		
	02 - Disjuntor termomagnético monopolar de 25A Ref. Pial/Legrand		
	04 - Disjuntor termomagnético monopolar de 20A Ref. Pial/Legrand		
	04 - Disjuntor termomagnético monopolar de 15A Ref. Pial/Legrand		
	07 - Espaços reservas monopolares		
	Acessórios de montagem		
3	Eletroduto de PVC rígido de 40 mm (1.1/4"), ref. Tigre	m	15
4	Eletroduto de PVC rígido de 25 mm (3/4"), ref. Tigre	m	90
5	Eletroduto de PVC rígido de 20 mm (1/2"), ref. Tigre	m	300
6	Curva de 90° de PVC rígido de 40 mm (1.1/4") ref. Tigre	pç	2
7	Curva de 90° de PVC rígido de 25 mm (3/4") ref. Tigre	pç	34
8	Curva de 90° de PVC rígido de 20 mm (1/2") ref. Tigre	pç	95
9	Luva de PVC rígido de 40 mm (1.1/4") ref. Tigre	pç	9
10	Luva de PVC rígido de 25 mm (3/4") ref. Tigre	pç	94
11	Luva de PVC rígido de 20 mm (1/2") ref. Tigre	pç	195
12	Bucha e contra-bucha de alumínio para eletroduto de 40 mm (1.1/4") ref. Wetzel	pç	2
13	Bucha e contra-bucha de alumínio para eletroduto de 25 mm (3/4") ref. Wetzel	pç	48
14	Bucha e contra-bucha de alumínio para eletroduto de 20 mm (1/2") ref. Wetzel	pç	280
15	Cabo de cobre Sintenax Antiflan 0,6/1kV, ref.: Pirelli, seção 25 mm ² - Preto	pç	45
16	Cabo de cobre Sintenax Antiflan 0,6/1kV, ref.: Pirelli, seção 25 mm ² - azul	pç	15
17	Cabo de cobre Sintenax Antiflan 0,6/1kV, ref.: Pirelli, seção 16 mm ² - Verde	pç	15

Item	Descrição	Unid.	Quant.
18	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 1,5 mm ² cor vermelho	m	400
19	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 1,5 mm ² cor preto	m	400
20	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 1,5 mm ² cor branco	m	400
21	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 1,5 mm ² cor amarelo	m	800
22	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 1,5 mm ² cor azul	m	800
23	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 1,5 mm ² cor verde	m	800
24	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 2,5 mm ² cor vermelho	m	300
25	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 2,5 mm ² cor preto	m	300
26	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 2,5 mm ² cor branco	m	300
27	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 2,5 mm ² cor amarelo	m	400
28	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 2,5 mm ² cor azul	m	400
29	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 2,5 mm ² cor verde	m	400
30	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 4 mm ² cor vermelho	m	200
31	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 4 mm ² cor preto	m	200
32	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 4 mm ² cor branco	m	200
33	Cabo pirastic rígido antiflam 750V, ref.: Pirelli, bitola 4 mm ² cor verde	m	400
34	Caixa de PVC 100x100x50 mm octogonal na cor preta, com espelho cego de baquelite na cor cinza, completo, ref. Pial	pç	20
35	Caixa de PVC 100x100x50 mm na cor preta, ref. Tigre	pç	1
36	Caixa de PVC 100x50x50 mm na cor preta, ref. Tigre	pç	99
37	Caixa de PVC 100x50x50 mm à prova de umidade, ref. Pial	pç	3
38	Espelho de baquelite 100x50 mm com furo central na cor cinza, completo Ref. Pial	pç	18
39	Tomada 2p+t+ universal 250V-10A com espelho 100x50 mm na cor cinza, completo ref. Pial	pç	35
40	Tomada 2p+t+ universal 250V-10A com espelho 100x50 mm à prova de umidade na cor cinza, completo ref. Pial	pç	2
41	Tomada para ar condicionado 250V-10A com espelho 100x50 mm, na cor cinza, completo ref. Pial	pç	2
42	Tomada de telefone 4 pinos com espelho 100x50 mm na cor cinza, completo padrão Telebrás ref. Pial	pç	11
43	Botão de campainha com espelho 100x50 mm à prova de umidade, na cor cinza completo Ref. Pial	pç	1
44	Conjunto de interruptor com 2 teclas simples com espelho 100x50 mm na cor cinza, completo ref. Pial	pç	4
45	Interruptor com 1 tecla paralela com espelho 100x50 mm na cor cinza, completo ref. Pial	pç	12
46	Conjunto de interruptor com 1 tecla simples e 1 tecla paralela com espelho 100x50 mm na cor cinza, completo ref. Pial	pç	1
47	Conjunto de interruptor com 2 teclas simples e 1 tecla paralela com espelho 100x50 mm na cor cinza, completo ref. Pial	pç	1
48	Conjunto de interruptor com 3 teclas simples e 2 teclas paralelas com espelho 100x100 mm na cor cinza, completo ref. Pial	pç	1
49	Receptáculo inclinado de procelana com rosca E-27 ref. Lorenzetti	pç	1
50	Refletor à prova de umidade para jardim, com lâmpada a vapor metálico de 250W e reator 220V fFP = 0,86 ref. Wetzel	pç	2
51	As luminárias e lâmpadas ficarão a cargo do proprietário	vb	1
52	Fita isolante Amarela.	pç	2
53	Fita isolante Branca.	m	2
54	Fita isolante Vermelha.	pç	2
55	Fita isolante Verde	pç	2
56	Terminal de compressão para cabo 25 mm ²	pç	12
57	Terminal de compressão para cabo 16 mm ²	pç	8
58	Espiral tube de 1/2" preto	m	70
59	Terminal olhal para cabo 1,5 mm ² .	pç	50
60	Terminal olhal para cabo 2,5 mm ² .	pç	50
61	Terminal olhal para cabo 4 mm ² .	pç	10
62	Terminal pino para cabo 1,5 mm ² .	pç	50
63	Terminal pino para cabo 2,5 mm ² .	pç	50
64	Terminal pino para cabo 4 mm ² .	pç	10
65	Anilha plástica de identificação para cabo 1,5 mm ² . 0 a 9	pç	500
66	Anilha plástica de identificação para cabo 2,5 mm ² . 0 a 9	pç	500
67	Anilha plástica de identificação para cabo 6 mm ² . 0 a 9	pç	300
68	Fita isolante preta, em rolo de 30m, ref.: 3M	pç	20
69	Arame guia 14 BWG	kg	2
70	Cinta plástica T-30R	pç	100
71	Cinta plástica T-15R	pç	100
72	Cinta plástica T50L	pç	100
73	Fita broder para identificação de quadros	pç	2

15.7. Verificação Final da Instalação - Procedimentos

15.7.1. Documentação e Ensaios

A NBR 5410:2004, item 7.1.1, diz que: "Toda instalação nova, ampliação ou reforma existente **deve ser inspecionada e ensaiada**, durante a execução e/ou quando concluída, antes de ser colocada em serviço pelo usuário". Veja em seguida como proceder:

1. **Documentação:** deve ser entregue às pessoas encarregadas da verificação. Toda a "documentação, como especificado em 15.5, deve refletir a instalação '**como construída**'.
 - "As instalações para as quais não se prevê equipe permanente de operação, supervisão e/ou manutenção, composta por pessoal advertido ou qualificado (BA4 ou BA5, tabela 15.1), deve ser entregues acompanhadas de um manual do usuário, redigido em linguagem acessível a leigos, que contenha, no mínimo, os seguintes elementos:"(6.1.8.3).
 - a) Esquema(s) do(s) quadro(s) de distribuição com indicação dos circuitos e respectivas finalidades, incluindo relação dos pontos alimentados, no caso de circuitos terminais;
 - b) Potências máximas que podem ser ligadas em cada circuito terminal efetivamente disponível;
 - c) Potências máximas previstas nos circuitos terminais deixados como reserva, quando for o caso; e
 - d) Recomendação explícita para que não sejam trocados, por tipos com características diferentes, os dispositivos de proteção existentes no(s) quadro(s).

Nota: São exemplos de tais instalações as de unidades residenciais, de pequenos estabelecimentos comerciais, etc.

2. **Segurança das pessoas:** devem ser tomadas todas as precauções necessárias por ocasião das inspeções e ensaios, de tal forma que garantam a integridade física das pessoas, da propriedade e dos equipamentos instalados.
3. **Ampliação ou reforma:** todo cuidado deve ser tomado no sentido de que não comprometam as instalações existentes.
4. **Qualificação/Relatório:** "As verificações devem ser realizadas por profissionais qualificados, com experiência e competência em inspeções. As verificações e seus resultados devem ser documentados em um relatório".
5. **Inspeção visual:** deve preceder os ensaios e ser efetuada com a instalação desenergizada. A inspeção visual deve incluir no mínimo a verificação dos seguintes pontos:
 - a) medidas de proteção contra choques elétricos e efeitos térmicos;
 - b) seleção e instalação das linhas elétricas;
 - c) seleção, ajuste e localização dos dispositivos de proteção;
 - d) presença dos dispositivos de seccionamento e comando, sua adequação e localização;
 - e) adequação dos componentes e das medidas de proteção às condições de influências externas existentes. Consultar seção 9 e anexo C da Norma;
 - f) identificação dos componentes;
 - g) presença de instruções, sinalizações e advertências requeridas;
 - h) execução das conexões, conforme 10.6;
 - i) acessibilidade.
6. **Ensaios:** devem ser realizados, quando pertinentes e, preferivelmente, na seqüência apresentada:
 - a) continuidade dos condutores de proteção e das equipotencializações principal e suplementares (7.3.2);
 - b) resistência de isolamento da instalação elétrica (7.3.3);
 - c) resistência de isolamento das partes da instalação objeto de SELV, PELV ou separação elétrica (7.3.4);
 - d) seccionamento automático da alimentação(7.3.5);
 - e) ensaio de tensão aplicada (7.3.6) - Tabela 61 da norma; e
 - f) ensaios de funcionamento (7.3.7).
7. **Conformidade:** caso as verificações não apresentem resultados satisfatórios ou não estejam em conformidade, os ensaios devem ser repetidos.

15.7.2. Manutenção

A **NBR 5410:2004**, item **8.1**, diz que a periodicidade da manutenção deve ser adequada a cada tipo de instalação, considerando os critérios de complexidade, importância, influências externas e a vida útil dos componentes, em função das atividades desenvolvidas. Portanto, a determinação da periodicidade fica por conta do responsável pela manutenção da empresa e deve ser feita, preferencialmente, por escrito. E para todo tipo de manutenção deve-se observar:

- 1. Qualificação do Pessoal:** "Verificações e intervenções nas instalações elétricas devem ser executadas somente por pessoas advertidas (BA4) ou qualificadas (BA5), conforme tabela 15.1.

Tabela 15.1 - Competência das pessoas (Tabela 18 da NBR 5410:2004).

Código	Classificação	Características	Aplicações e Exemplos
BA1	Comuns	Pessoas inadvertidas	-
BA2	Crianças	Crianças em locais a elas destinados ¹⁾	Creches, escolhas.
BA3	Incapacitadas	Pessoas que não dispõem de completa capacidade física ou intelectual (idosos, doentes)	Casas de repouso, unidades de saúde
BA4	Advertidas	Pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas, de tal forma que lhes permite evitar os perigos de eletricidade (pessoas de manutenção e/ou operação)	Locais de serviço elétrico
BA5	Qualificadas	Pessoas com conhecimento técnico ou experiência tal que lhes permite evitar os perigos da eletricidade (engenheiros e técnicos)	Locais de serviço elétrico fechados

¹⁾ Esta classificação não se aplica necessariamente a locais de habitação.

2. Verificação de rotina - Manutenção preventiva

- 2.1 - Condutores
- 2.2 - Quadros de distribuição e painéis
 - 2.2.1 - Estrutura
 - 2.2.2 - Componentes
- 2.3 - Equipamentos móveis
- 2.4 - Ensaio
- 2.5 - Ensaio geral

3. Manutenção corretiva

Se, por acaso, a instalação ou parte dela apresentar, como resultado das verificações finais for considerada insegura deve ser tomada todas as medidas necessárias com relação a segurança desenergizando, no todo ou na parte que apresenta problemas, e somente deve ser recolocada em serviço somente após a correção dos problemas detectados.

Conclusão

Com relação à manutenção, a norma não explica detalhadamente os critérios para a sua realização, apenas cita procedimentos gerais.

O bom profissional da área elétrica é aquele que se preocupa com a qualidade do trabalho realizado. Ele deve saber que a integridade física dos usuários, da instalação e do empreendimento como um todo depende disso, ou seja, tanto as verificações finais da instalação como a sua manutenção são extremamente importantes.

Já ocorreram muitos casos em que clientes e usuários tiveram prejuízos financeiros, processos judiciais, parada da produção, transtornos, perda de tempo. Esses problemas poderiam ter sido evitados se tivessem dado maior importância às verificações e inspeções das instalações elétricas. Não devemos ser negligentes. Todo trabalho bem realizado proporciona ótimos benefícios, como economia, segurança, conforto e bem-estar para o cliente e usuários finais da instalação.

Bibliografia

Livros:

- COTRIM, A.A.M.B. **Instalações Elétricas**. 3. ed. São Paulo: Makrom Books, 1992.
- _____. **Manual de Instalações Elétricas**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1985.
- CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 14. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000.
- LEITE, D. M.; LEITE, C. M. **Proteção Contra Descargas Atmosféricas**. V. 1. São Paulo: MM, 1993.
- MORETTO, V. P. **Eletricidade: Física em Módulos de Ensino**. São Paulo: Ática.
- NEGRISOLLI, M. E. M. **Instalações Elétricas: Projetos Prediais em Baixa Tensão**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.
- NISKIER, J.; MACINTYRE, A.J. **Instalações Elétricas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1996.
- SCHMIDT, W. **Equipamento Elétrico Industrial**. São Paulo: Mestre Jou.
- _____. **Materiais Elétricos**. volume 1. São Paulo: Edgard Blücher, 1979.

Normas Técnicas:

ABNT:

- NBR 5410:2004 - Instalações elétricas de baixa tensão.
- NBR 5361:1998 - Disjuntores de baixa tensão.
- NBR 5413:1992 - Iluminação de interiores - Procedimento.
- NBR 5419:2001 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.
- NBR 5444:1989 - Símbolos gráficos para instalações elétricas.
- NBR 6147:2000 - Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo - Especificação.
- NBR 6150:1980 - Eletrodutos de PVC rígidos - Especificação.
- NBR 6527:2000 - Interruptores para instalação elétrica fixa doméstica e análoga - Especificação.
- NBR 9513:1986 - Emendas para cabos de potência isolados para tensões até 750V - Especificação.
- NBR 11301:1990 - Cálculo da capacidade de condução de corrente de cabos isolados em regime permanente (fator de carga 100%) - Procedimento.
- NBR 13249:2000 - Cabos e cordões flexíveis para tensões até 750V - Especificação.
- NBR 14136:2002 - Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250V em corrente alternada - Padronização.
- NBR NM 60898:2004 - Disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares (IEC 60898:1995, MOD).

Concessionárias:

- ND 5.1 - Fornecimento em Tensão Secundária, Rede de Distribuição Aérea, Edificações Individuais (CEMIG).
- ND 5.2 - Fornecimento em Tensão Secundária, Rede de Distribuição Aérea, Edificações coletivas (CEMIG).
- NTC 9-01100 - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição (COPEL).
- NTC 9-01110 - Atendimento a Edifícios de Uso Coletivo (COPEL).

Manuais de Fabricantes e Concessionárias:

- BTICINO/PIRELLI - Proteção das Pessoas contra Choques Elétricos.
- CEMIG - Eletricidade no Lar.

CESP - Manual de Instalação Elétrica.

CESP/PIRELLI - Instalações Elétricas Residenciais - Informações e Recomendações. São Paulo.

CLAMPER - Proteção Contra Surtos Transitórios.

CNI (Confederação Nacional da Indústria) - Guia do Consumidor Inteligente de Energia Elétrica.

COPEL - Utilização da Energia Elétrica na Empresa.

PHILIPS - Manual de Iluminação, Eindhoven, 1986.

PHILIPS - Os benefícios de uma boa iluminação.

PIRELLI - Jornal da Eletricidade - Mai/93; Fev/92; Nº 45/95; Nºs 46 e 47/96.

PIRELLI/ED.PINI - Manual Pirelli de Instalações Elétricas, 1993.

UNI/SIGNAL - Medidores Digitais de Resistência de Terra.

Catálogos de Fabricantes:

Bosch, Caracol, Comala/Steinel, Daisa, Elextron, Eluma, Ingemag, Ficap, Forplas, Gedore, General Eletric, Ind. Eletromecânica Linza, Ind. Mecânica Marinaro, Jackwal, Kanaflex, Lorenzetti, Metalúrgica Wetzel, Osram, Philips, Pial-Legrand/Bticino, Pirelli, Pulsonic IFM, Raychem, Ridgid, Siemens, Stillson, Sylvania, Thabor, Finder Componentes Ltda.

Empresas:

ICO Comercial S. A. - Ferramentas e Equipamentos.

PARALELO - Eletricidade Industrial e Engenharia de Obras.

Marcas Registradas

Todos os nomes registrados, marcas registradas, ou direitos de uso citados neste livro, pertencem aos respectivos proprietários.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS

Objetivos:

- 1- Geração de Energia Elétrica
- 2- Noções de Eletricidade
- 3- Utilização de Ferramentas
- 4- Luminotécnica
- 5- Simbologia conforme NBR 5410:2004
- 6- Instalações de Interruptores, Lâmpadas, Tomadas, Minuteria, Sinalização e Quadros de Distribuição
- 7- Segurança em Instalações Elétricas - NR-10
- 8- Previsão de Cargas e Divisão da Instalação
- 9- Fornecimento de Energia Elétrica
- 10- Dimensionamento de Instalações Elétricas:
 - Condutores
 - Proteção
 - Eletrodutos
- 11- Aterramento em Instalações Elétricas
- 12- Proteção contra Descargas Atmosféricas - DPS
- 13- Projeto Elétrico
- 14- Verificação Final de Instalação Elétrica

Autores:

GERALDO CAVALIN

Técnico em Eletrotécnica; formação superior em Administração Escolar; formação superior em Licenciatura Plena para graduação de professores da parte de formação especial do currículo do ensino de 2º grau; pós-graduação em Magistério Superior; professor do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná das disciplinas de Projetos e Instalações Elétricas.

SEVERINO CERVELIN

Técnico em Eletrotécnica; formação superior em Administração Escolar; formação superior em Licenciatura Plena para graduação de professores da parte de formação especial do currículo do ensino de 2º grau; pós-graduação em Magistério Superior; mestre em Engenharia da Produção pela UFSC em 2000; professor do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná das disciplinas de Projetos e Instalações Elétricas.



www.editoraerica.com.br

ISBN: 85-7194-541-1



9 788571 945418