



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
COMPUS JOINVILLE
CURSO TÉCNICO EM ELETROELETRÔNICA

Ultima Atualização 13/04/12

Apostila de Projeto de Instalações Elétricas Residenciais e Prediais (Parte III)

2010

Prof. Edson Watanabe, edsonh@ifsc.edu.br, www.joinville.ifsc.edu.br/~edsonh

Conteúdo

3. Introdução

3.1 Simbologia Gráfica de Projeto de Instalações Elétricas – Desenho e Representação

- 3.1.1 Símbolos
 - 3.1.1.1 Traço
 - 3.1.1.2 Círculo
 - 3.1.1.3 Triângulo Equilátero
 - 3.1.1.4 Quadrado
 - 3.1.1.5 Quadros de Distribuição
 - 3.1.1.6 Dutos
 - 3.1.1.7 Interruptores
 - 3.1.1.8 Tomadas
 - 3.1.1.9 Pontos de Luz
 - 3.1.1.10 Outros Símbolos
 - 3.1.1.11 Exercícios
- 3.1.2 Diagramas
 - 3.1.2.1 Diagrama Unifilar.
 - 3.1.2.2 Diagrama Multifilar
 - 3.1.2.3 Diagrama Funcional.
 - 3.1.2.4 Diagrama de Ligação
 - 3.1.2.5 Comparativo
 - 3.1.2.6 Principais diagramas de ligação
 - 3.1.2.6.1 Circuito de Iluminação
 - 3.1.2.6.2 Circuito de Iluminação Externa
 - 3.1.2.6.3 Circuito de Tomadas de Uso Geral (TUG)
 - 3.1.2.6.4 Circuito de Tomadas de Uso Específico (TUE)
 - 3.1.2.6.5 Interruptores
 - 3.1.2.7 Exercícios

3.2 Projetos de Instalações Elétricas Residenciais

- 3.2.1 Introdução
 - 3.2.1.1 Partes Componentes de um Projeto de Instalações Elétricas
 - 3.2.1.2 Normas técnicas a serem Consultadas
 - 3.2.1.3 Etapas da Elaboração do Projeto
 - 3.2.1.4 Fluxograma Geral de Desenvolvimento do Projeto
 - 3.2.1.5 Exercícios
- 3.2.2 Dimensionamento
 - 3.2.2.1 Dimensionamento da potência de iluminação
 - 3.2.2.1.1 Tabela prático para dimensionarmento de pontos de luz e relação de potências entre tipos direferentes de lâmpadas:
 - 3.2.2.2 Dimensionamento da potência de tomadas
 - 3.2.2.3 Dimensionamento de Tomadas de Uso Geral (TUGs)
 - 3.2.2.3.1 Tabelas práticas para dimensionamentos de Tomadas de Uso Geral (TUG).
 - 3.2.2.3.1.1 Tomadas para Copa, Cozinha e Áreas de Serviços:
 - 3.2.2.3.1.2 Tomadas para Banheiros:
 - 3.2.2.3.1.3 Tomadas para Subsolos, Varandas, Garagens e Sotãos:
 - 3.2.2.3.1.4 Tomadas para os demais Cômodos e Depêndencias:
 - 3.2.2.3.2 Tomadas para Banheiros:
 - 3.2.2.3.3 Tomadas para Subsolos, Varandas, Garagens e Sotãos:
 - 3.2.2.3.4 Tomadas para os demais Cômodos e Depêndencias:
 - 3.2.2.4 Dimensionamento de tomadas de uso específico (TUEs)
 - 3.2.2.5 Exercícios
- 3.2.3 Divisão dos Circuitos
 - 3.2.3.1 Cálculo da Corrente Elétrica dos Circuitos
 - 3.2.3.2 Condutores e Eletrodutos, e seu Dimensionamento
 - 3.2.3.2.1 Isolação
 - 3.2.3.2.2 Seção Mínima dos Condutores
 - 3.2.3.2.2.1 Cálculo da Corrente no Circuito
 - 3.2.3.2.2.2 Condutores Carregados conforme o Tipo de Circuito
 - 3.2.3.2.2.3 Cálculo da Corrente de Projeto
 - 3.2.3.2.2.4 Fator de Correção de Agrupamento (FCA)
 - 3.2.3.2.2.5 Fator de Correção de Temperatura (FCT)
 - 3.2.3.2.2.6 Cálculo da Corrente de Projeto Corrigida
 - 3.2.3.2.2.7 Capacidade de Condução de Corrente dos Condutores
 - 3.2.3.2.2.8 Critério do Limite da Queda de Tensão
 - 3.2.3.2.2.9 Dimensionamento de Eletrodutos



- 3.2.3.2.9.1 Dimensionamento de Eletroduto com a ajuda de uma Tabela
- 3.2.3.2.9.2 Dimensionamento de Eletroduto Calculando-se a Seção dos Condutores
- 3.2.3.2.10 Demanda de Energia de uma Instalação Elétrica
 - 3.2.3.2.10.1 Critérios para a determinação do fator de demanda para residências individuais
 - 3.2.3.2.10.2 Demanda Total de um Edifício de Uso Coletivo
 - 3.2.3.2.10.3 Demanda Individual de Unidades Consumidoras Não Residenciais
 - 3.2.3.2.10.4 Demanda de um Edifício com Unidades Consumidoras Residenciais e Comerciais
- 3.2.3.2.11 Dispositivos de Proteção
 - 3.2.3.2.11.1 Dimensionamento do Dispositivo de Proteção
 - 3.2.3.2.11.2 Dispositivo de proteção da Entrada de Serviço.
- 3.2.3.2.12 Quadro Geral de Força e Luz
- 3.2.3.2.13 Exercícios

3.3 Dispositivos de Proteção

- 3.3.1 Dispositivo Diferencial Residual (DR)
 - 3.3.1.1 Principais Aplicações
- 3.3.2 Disjuntores
 - 3.3.2.1 Principais Características Técnicas

3.4 Bibliografia

3. Introdução

3.1 Simbologia Gráfica de Projeto de Instalações Elétricas – Desenho e Representação

No projeto de instalações elétricas, vários dados devem estar claramente locados na planta: localização das tomadas, pontos de iluminação, quadros, percursos da instalação, condutores, distribuição da carga, proteções, etc... Portanto, na planta baixa devemos no mínimo representar:

- a localização dos pontos de consumo de energia elétrica, seus comandos e indicações dos circuitos a que estão ligados;
- a localização dos quadros e centros de distribuição;
- o trajeto dos condutores (inclusive dimensões dos condutos e caixas);
- um diagrama unifilar discriminando os circuitos, seção dos condutores, dispositivos de manobra e proteção; indicar o material a ser utilizado

3.1.1 Símbolos - Seria muito complicado reproduzir exatamente os componentes de uma instalação, por isso, utiliza-se de símbolos gráficos onde todos os componentes estão representados. Existem muitos padrões para simbologia de projeto de instalações elétricas: ABNT, Dim, ANSI, JIS, ... e aqui no Brasil também vemos a adoção de padrões personalizados que ficam estampados nas legendas, alguns com a finalidade de simplificar o entendimento do projeto. A norma técnica que especifica os símbolos padrões em nosso país é a NBR 5444 sb2/89. A simbologia apresentada nesta Norma é baseada em Figuras geométricas simples para permitir uma representação clara dos dispositivos elétricos. Os símbolos utilizados baseiam-se em quatro elementos geométricos básicos: o traço, o círculo, o triângulo equilátero e o quadrado.

3.1.1.1 Traço - O traço representa o eletroduto, os diâmetros devem ser anotados em milímetros e seguem a tabela de conversão ao lado.

Tabela 1 - Conversão de diâmetros nominais

| Polegadas | Milímetros |
|-----------|------------|
| 1/2 | 15 |
| 3/4 | 20 |
| 1 | 25 |
| 1 1/4 | 32 |
| 1 1/2 | 40 |
| 2 | 50 |
| 2 1/2 | 60 |
| 3 | 75 |
| 4 | 100 |

3.1.1.2 Círculo - Representa o ponto de luz, o interruptor e a indicação de qualquer dispositivo embutido no teto. Nesse ponto, particularmente, recomendo não seguir a norma. Costumo utilizar o símbolo S para interruptor para não confundir o desenho.

3.1.1.3 Triângulo Equilátero - Representa tomada em geral. Variações acrescentadas a ela indicam mudança de significado e função (tomadas de luz e telefone, por exemplo), bem como modificações em sua altura na instalação (baixa, média e alta).

3.1.1.4 Quadrado - Representa qualquer tipo de elemento no piso.

A seguir são mostradas tabelas dos símbolos mais utilizados, segundo a NBR 5444.

3.1.1.5 Quadros de Distribuição

Tabela 2 - Símbolo de Quadros de Distribuição

| Símbolo | Significado | Observações |
|---------|--|---|
| | Quadro parcial de luz e força aparente | Indicar as cargas de luz em watts e de força em W ou kW |
| | Quadro parcial de luz e força embutido | |
| | Quadro geral de luz e força aparente | |
| | Quadro geral de luz e força embutido | |
| | Caixa de telefones | |
| | Caixa para medidor | |

3.1.1.6 Dutos

Tabela 3 - Símbolo de Dutos

| Símbolo | Significado | Observações |
|---------|--|---|
| | Eletroduto embutido no teto ou parede | Para todas as dimensões em mm indicar a seção, se esta não for de 15 mm |
| | Eletroduto embutido no piso | |
| | Telefone no teto | |
| | Telefone no piso | |
| | Tubulação para campainha, som, anunciador ou outro sistema | Indicar na legenda o sistema passante |

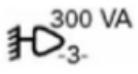
3.1.1.7 Interruptores

Tabela 3 - Símbolo de Interruptores

| | | |
|---|---|--|
|  | Interruptor de uma seção | A letra minúscula indica o ponto comandado |
|  | Interruptor de duas seções | As letras minúsculas indicam os pontos comandados |
|  | Interruptor de três seções | As letras minúsculas indicam os pontos comandados |
|  | Interruptor paralelo ou three-way | A letra minúscula indica o ponto comandado |
|  | Interruptor intermediário ou Four-Way | A letra minúscula indica o ponto comandado |
|  | Botão de minuteria | |
|  | Botão de campainha na parede (ou comando à distância) | Nota: Os símbolos de 31 a 38 são para plantas; os de 39 a 46 são para diagramas. |
|  | Botão de campainha no piso (ou comando a distância) | |

3.1.1.8 Tomadas

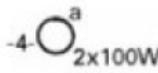
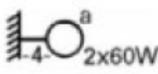
Tabela 4 - Símbolo de Tomadas

| | | |
|---|--|--|
|  | Tomada de luz na parede, baixo (300 mm do piso acabado) | |
|  | Tomada de luz a meio a altura (1.300 mm do piso acabado) | A potência deverá ser indicada ao lado em VA (exceto se for de 100 VA), 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 W ou kW |
|  | Tomada de luz alta (2.000 mm do piso acabado) | |

| | | | | |
|---|--|-----------------|---|---------------------------------------|
|  | Tomada de luz no piso | |  | Saída para telefone interno na parede |
|  | Saída para telefone externo na parede (rede Telebrás) | |  | Saída para telefone externo no piso |
|  | Saída para telefone externo na parede a uma altura "h" | Especificar "h" |  | Saída para telefone interno no piso |
| | | |  | Tomada para rádio e televisão |

3.1.1.9 Pontos de Luz

Tabela 5 - Símbolo de Pontos de Luz

| | | |
|---|---|--|
|  | Ponto de luz incandescente no teto. Indicar o nº de lâmpadas e a potência em watts | A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente |
|  | Ponto de luz incandescente na parede (arandela) | Deve-se indicar a altura da arandela |
|  | Ponto de luz incandescente no teto (embutido) | |
|  | Ponto de luz fluorescente no teto (indicar o nº. de lâmpadas e na legenda o tipo de partida e reator) | A letra maiúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente |
|  | Ponto de luz fluorescente no teto (embutido) | |
|  | Ponto de luz incandescente no teto em circuito vigia (emergência) | |
|  | Ponto de luz fluorescente no teto em circuito vigia (emergência) | |

3.1.1.10 Outros Símbolos

Tabela 6 - Símbolo de Tipos de Condutores

| | | |
|---|---|---|
|  | Condutor de fase no interior do eletroduto | |
|  | Condutor neutro no interior do eletroduto | Cada traço representa um condutor. Indicar a seção, nº do circuito e a seção dos condutores, exceto se forem de 1,5 mm ² |
|  | Condutor de retorno no interior do eletroduto | |
|  | Condutor terra no interior do eletroduto | |

3.1.1.11 Exercícios

1. Qual a bitola do circuito 1 e o diâmetro dos eletrodutos no desenho a seguir:

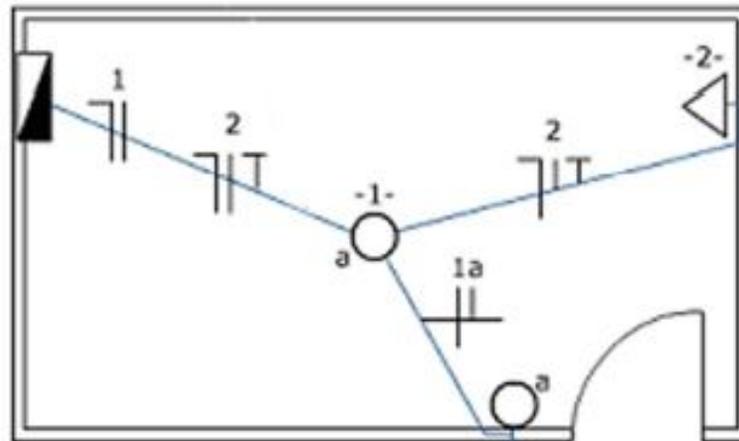


Figura 3.1 – Planta Baixa de Cômodo

2. Considerando a planta a seguir:
 - a. Crie uma legenda para a mesma.
 - b. Quantos quadros de luz há e de que tipo ele é?
 - c. Quantas luminárias fluorescentes e quantas incandescentes estão na planta?
 - d. Tem alguma tomada destinada a chuveiro elétrico?
 - e. Tem alguma tomada para motor ou bomba?
 - f. Existem eletrodutos com mais de 15 mm de diâmetro?
3. Quando não vem indicada, qual a potência nominal de uma tomada.
4. Desenhe ao lado os respectivos símbolos:
 - a. Ponto de luz incandescente na parede
 - b. Campainha
 - c. Ponto de luz incandescente no teto
 - d. Tomada baixa
 - e. Interruptor de 3 seções

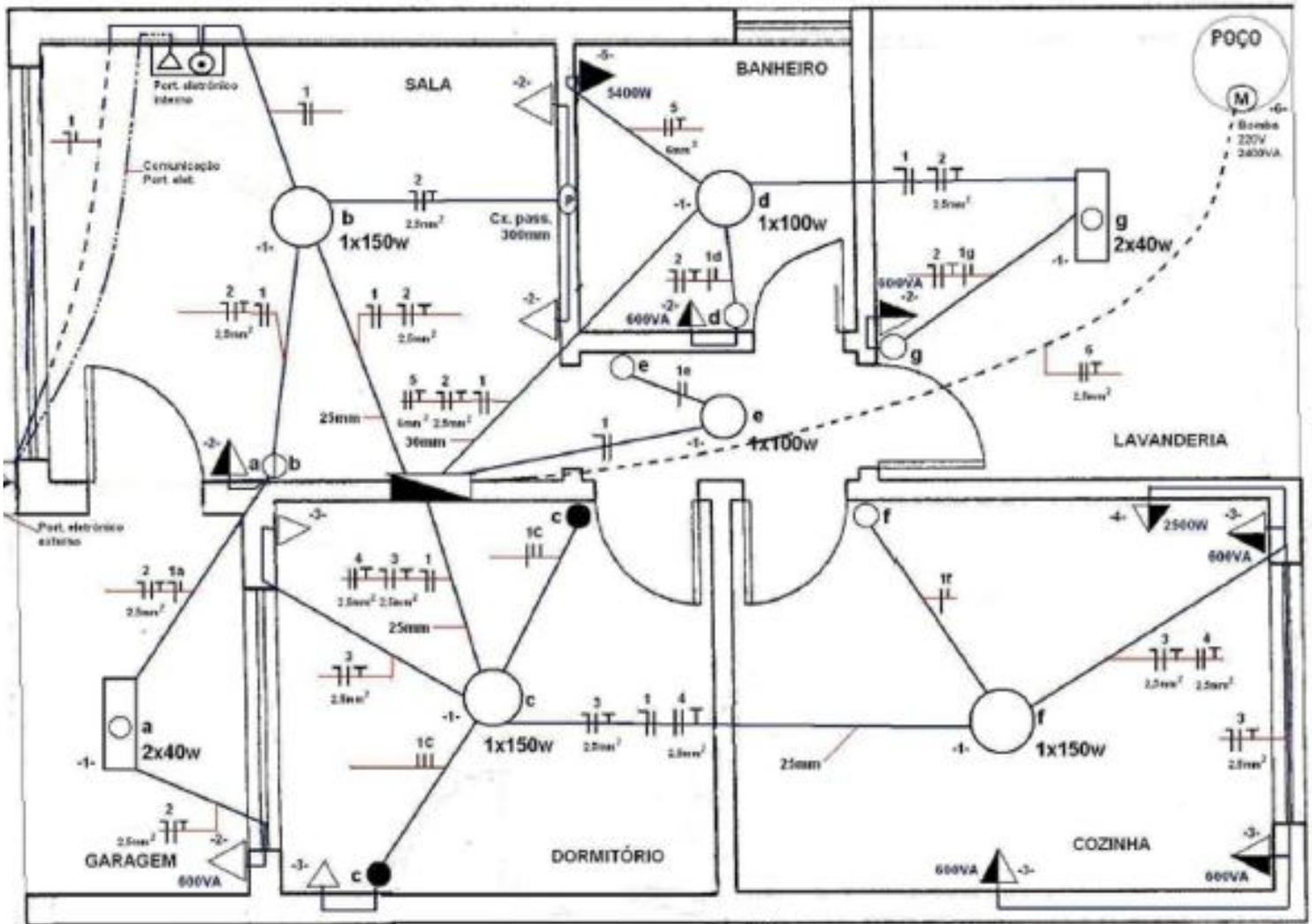


Figura 3.2 – Planta Baixa de uma Residência

3.1.2 Diagramas

Os diagramas representam a instalação elétrica como um todo. Possuem diversos modelos. Os mais utilizados são: Unifilar e a Multifilar.

3.1.2.1 Diagrama Unifilar.

É o que comumente vemos nas plantas de instalações elétricas prediais. Define as principais partes do sistema elétrico permitindo identificar o tipo de instalação, sua dimensão, ligação, o número de condutores, modelo do interruptor, e dimensionamento de eletrodutos, condutores, lâmpadas e tomadas. Esse tipo de diagrama localiza todos os componentes da instalação. O diagrama a abaixo indica a ligação de um ponto de luz no teto com 1 lâmpada de 100 watts ligado por um interruptor simples e pertencente ao circuito 2.

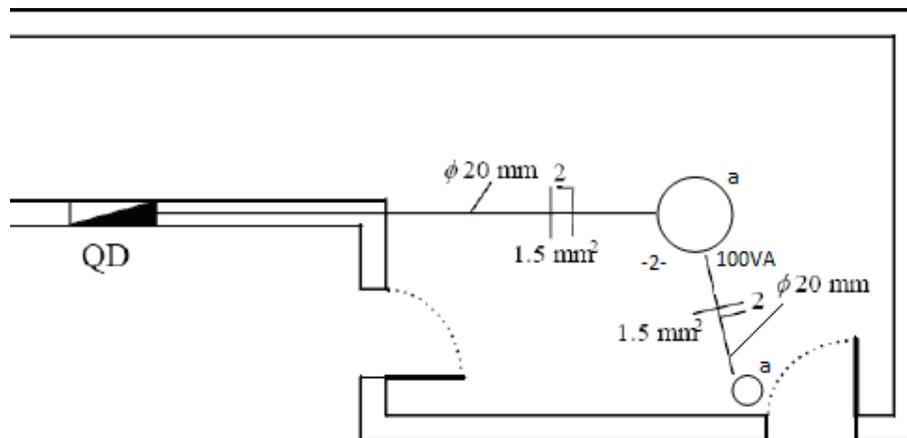


Figura 3.3 – Ilustração de Representação do Diagrama Unifilar.

O trajeto dos condutores é representado por um único traço. Esse tipo de diagrama geralmente representa a posição física dos componentes da instalação, porém não representa com clareza o funcionamento e a seqüência funcional dos circuitos. Também pode ser representado da forma ao lado quando indicar uma única instalação.

O diagrama unifilar deve indicar para cada carga (ponto de luz, tomada, ou aparelho específico), os seguintes elementos básicos:

- fonte (ponto de suprimento ou quadro de distribuição);
- circuito ao que pertence;
- pontos de comando (interruptores e chaves associados);
- condutores associados.

No exemplo ao lado ligação de uma lâmpada a um interruptor:

O Condutor com função retorno e ora está no potencial do neutro quando a lâmpada esta desligada, ora está no potencial da fase quando a lâmpada estiver acesa.

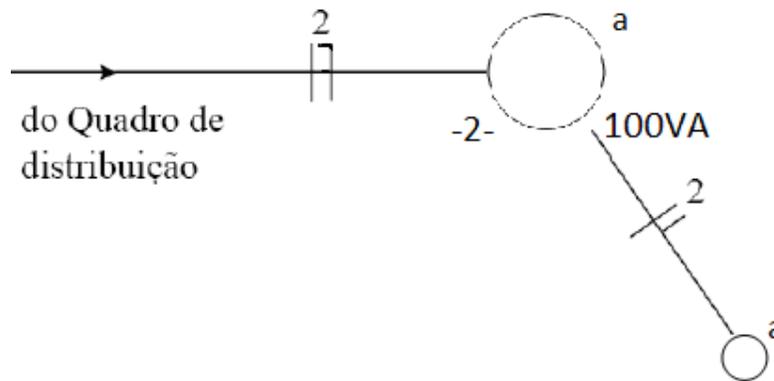


Figura 3.4 – Ilustração de Representação do Diagrama Unifilar.

Estes e outros símbolos são normalizados pela ABNT através de normas específicas. Este esquema unifilar é somente representado em plantas baixas, mas o electricista necessita de um outro tipo de esquema chamado multifilar, onde se mostram detalhes de ligações e funcionamento, representando todos os seus condutores, assim como símbolos explicativos do funcionamento.

3.1.2.2 Diagrama Multifilar

Representa todo o sistema elétrico, indicando todos os condutores detalhadamente. Cada condutor é representado por um traço que será utilizado na ligação dos componentes.

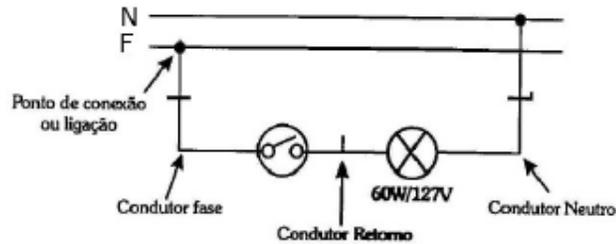


Figura 3.5 – Ilustração de Representação do Diagrama Multifilar.

3.1.2.3 Diagrama Funcional.

É mais utilizado para fins didáticos pois representa o esquema funcional de forma clara e acessível.

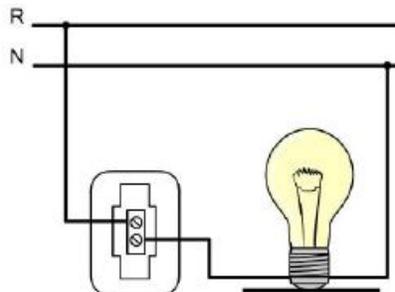


Figura 3.6 – Ilustração de Representação do Diagrama Funcional.

3.1.2.4 Diagrama de Ligação.

Representa exatamente como uma instalação é executada na prática. Também é utilizado para fins didáticos.

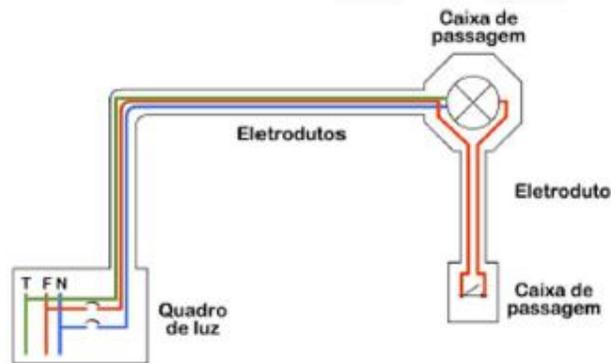


Figura 3.7 – Ilustração de Representação do Diagrama de Ligação

3.1.2.5 Comparativo

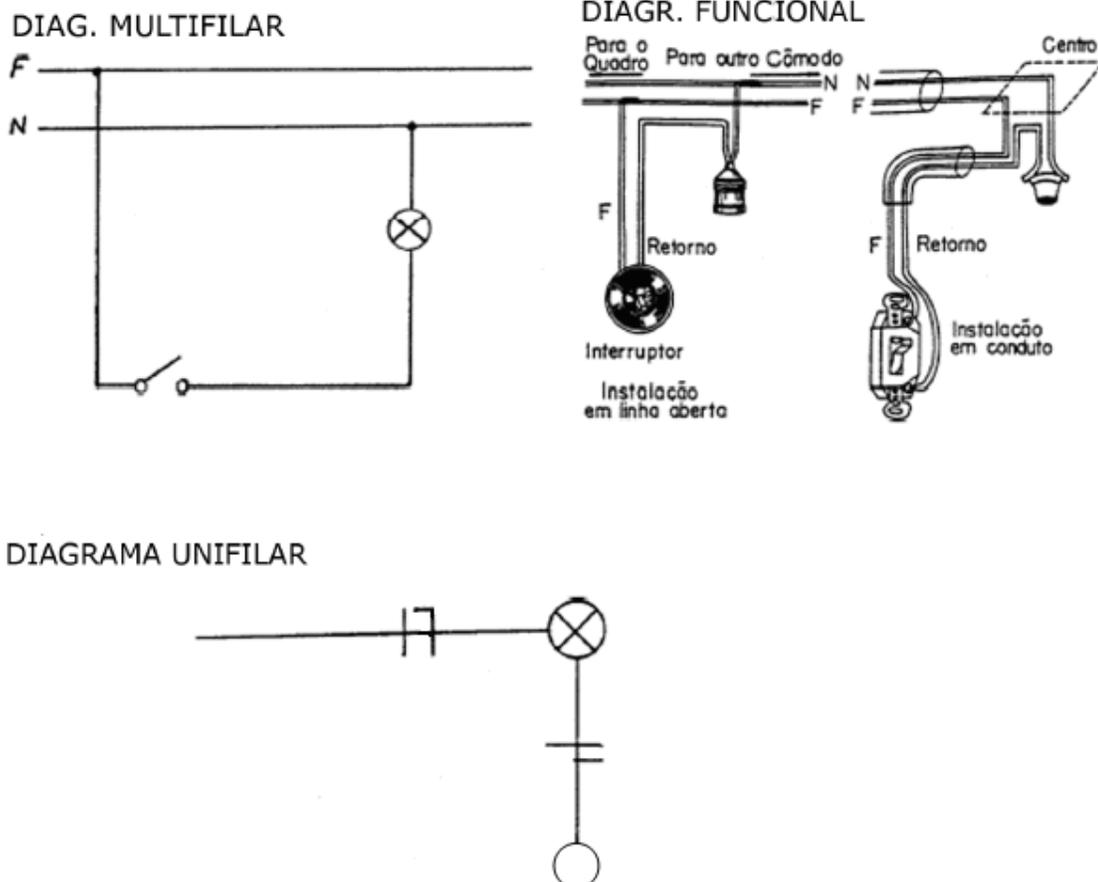
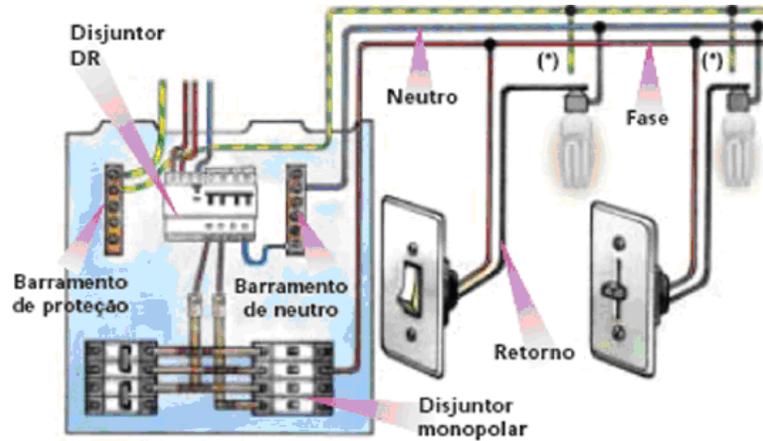


Figura 3.8 – Ilustração de todos os Diagramas

3.1.2.6 Principais diagramas de ligação

(*) imagens retiradas do Manual da Pirelli – Instalações Elétricas Prediais

3.1.2.6.1 Circuito de Iluminação



* se possível, ligar o condutor de proteção (terra) a carcaça da luminária.

Figura 3.9 – Ilustração de Ligação do Circuito de Iluminação

3.1.2.6.2 Circuito de Iluminação Externa

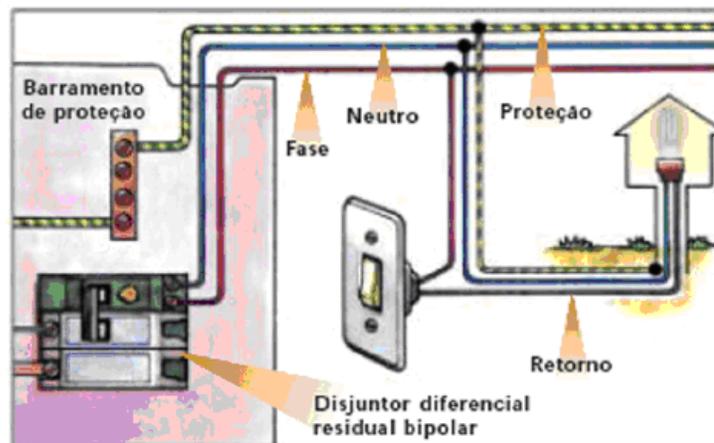


Figura 3.10 – Ilustração de Ligação do Circuito de Iluminação Externa

3.1.2.6.3 Circuito de Tomadas de Uso Geral (TUG)

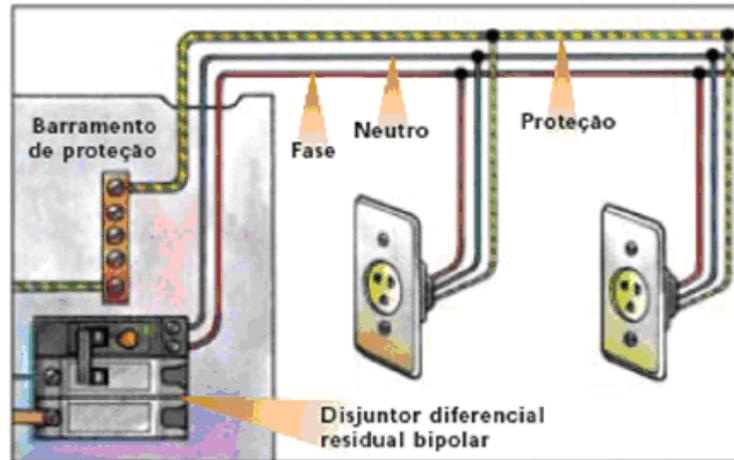


Figura 3.11 - Ilustração de Ligação do Circuito de Tomada de Uso Geral

3.1.2.6.4 Circuito de Tomadas de Uso Específico (TUE)

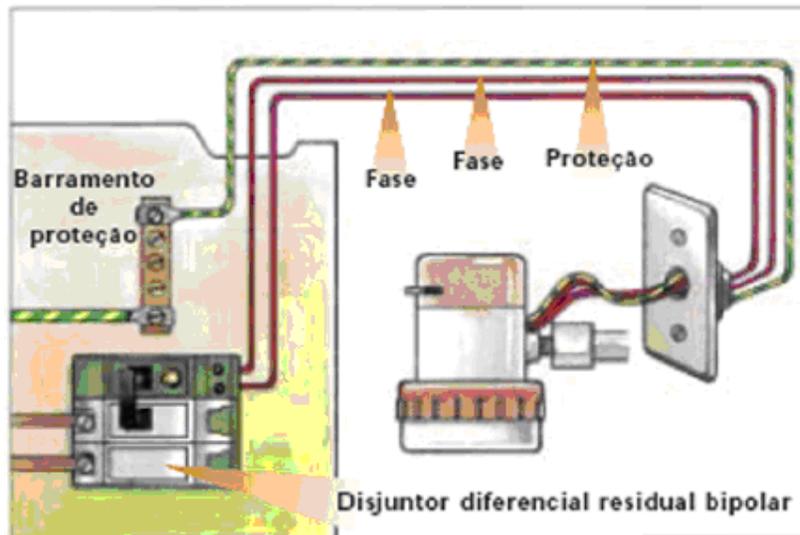
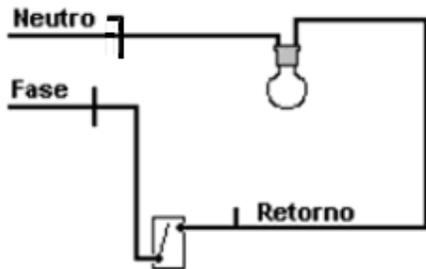


Figura 3.12 – Ilustração de Ligação do Circuito de Tomada de Uso Específico

3.1.2.6.5 Interruptores

Interruptor de 1 seção:



Interruptor de 2 seções:

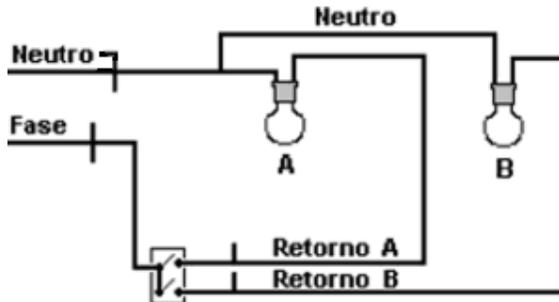
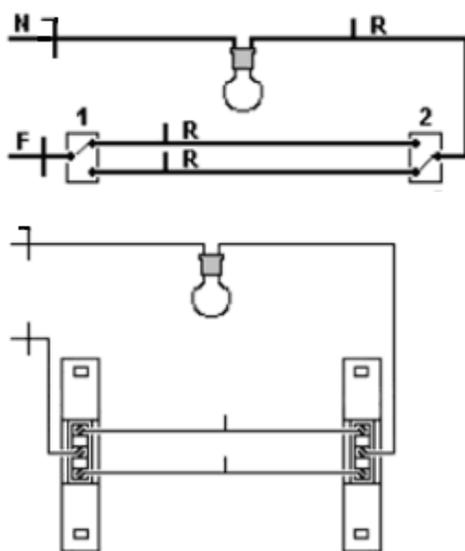


Figura 3.13 – Ilustração de Ligação de Interruptor de 1 e 2 Seções.

Interruptor Three Way



Interruptor Four Way

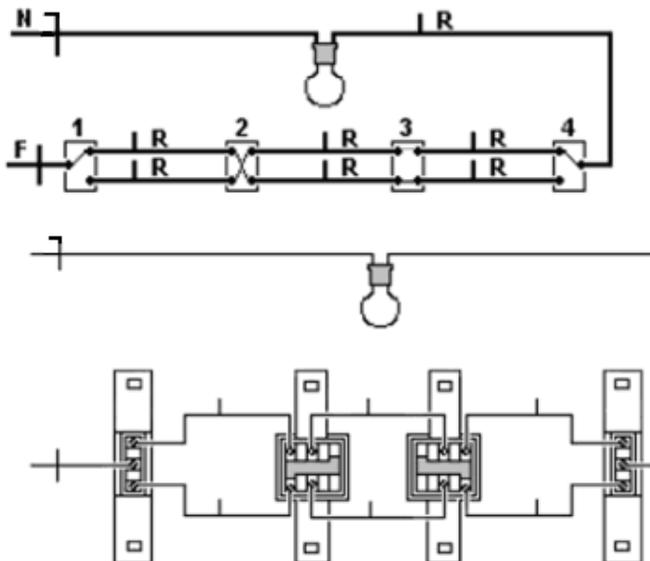


Figura 3.14 – Ilustração de Ligação de Interruptores Three e Four Way..

3.1.2.7 Exercícios

Mão à obra. Tente fazer as ligações indicadas. Nunca se esqueça de desligar o disjuntor correspondente.

3.2 Projetos de Instalações Elétricas Residenciais

Projetar uma instalação elétrica de uma edificação consiste em:

- Quantificar, determinar os tipos e localizar os pontos de utilização de energia elétrica;
- Dimensionar, definir o tipo e o caminhamento dos condutores e condutos;
- Dimensionar, definir o tipo e a localização dos dispositivos de proteção, de comando, de medição de energia elétrica e demais acessórios.

3.2.1 Introdução

3.2.1.1 Partes Componentes de um Projeto de Instalações Elétricas

É a documentação técnica de instalação, com todos os seus detalhes, a localização dos pontos de utilização da energia elétrica, comandos, trajeto dos condutores, divisão em circuitos, seção dos condutores, carga de cada circuito e carga total, etc. O projeto é a representação escrita/gráfica da instalação e deve conter no mínimo:

- Distribuição e Circuitos nas plantas baixas com a representação dos pontos de luz das tomadas, os fios fase, neutro e retorno, etc (em caso de construção nova, indicar detalhes de entrada e, em ampliação ou reforma, indicar o ponto de derivação do sistema) Indicação de localização da edificação (Planta de situação em escala 1:500/1:200/1:100 com a representação dos pontos de conexão com a rede pública)
- Legenda e Carimbo (indicando Responsável Técnico, Proprietário, Tipo de Obra, Local da Obra, escala Nº da prancha e data)
- Elevações (quando necessário)
- Esquemas (unifilares e outros que se façam necessários);
- Detalhes de montagem, quando necessários;
- Quadros de cargas
- Memorial descritivo – justificação e descrição da solução apresentada
- Especificações técnicas - Onde se descreve o material a ser utilizado.
- Memória de cálculo (dimensionamento de condutores, condutos e proteções);

3.2.1.2 Normas técnicas a serem Consultadas

O projeto de instalações elétricas deve atender as prescrições:

- NBR 05410-2004 - Instalações elétricas de baixa tensão
- NBR 05413-1992 - Iluminância de interiores
- NBR 05444-1968 – SB02 – Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais
- NBR 09050- 2004 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos
- Livro de instruções gerais – baixa Tensão – Eletropaulo ou norma da concessionária local, caso o projeto não esteja sob a área de atuação da Eletropaulo.

Existem muitas outras normas correlatas à instalação elétricas relacionadas à símbolos gráficos e componentes elétricos: NBRs 5112; 5259; 5261; 5280; 5311; 5419;5456; 5471;5597; 5598; 5624; 6014; 6148; 6150; 6513; 6880; 8346; 12519; 12520; 12521; 12522; 12523; 13057; NBR IEC 50 (826)

O projeto também deverá ser:

- Flexível – prever possibilidades de alterações, ampliações, reserva de carga, uso de novos equipamentos.
- Acessível – seguir as normas de acessibilidade
- Confiável – deverá seguir todas as normas técnicas para seu perfeito funcionamento e segurança e quando da implantação, deverá utilizar componentes de qualidade para não comprometer o projeto por uma execução inadequada.

3.2.1.3 Etapas da Elaboração do Projeto

Obter:

- Informações preliminares
- Plantas de situação
- Projeto arquitetônico
- Projetos complementares
- Informações obtidas do proprietário

Realizar:

- Quantificação do sistema
- Levantamento da previsão de cargas (quantidade e potência nominal dos pontos de utilização – tomadas, iluminação, elevadores, bombas, ar condicionado, etc)
- Desenho das plantas
- Desenho dos pontos de utilização
- Localização dos Quadros de Distribuição de Luz (QLs) e da localização dos Quadros de Força (QFs)
- Divisão das cargas em circuitos terminais
- Desenho das tubulações de circuitos terminais e de circuitos alimentadores
- Localização das Caixas de Passagem dos pavimentos e da prumada,
- Medidores, Ramal Alimentador e Ponto de Entrega (quando for o caso)
- Desenho do Esquema Vertical (prumada), se for o caso
- Traçado da fiação dos circuitos alimentadores
- Dimensionamento de todos os componentes do projeto, com base nos dados registrados nas etapas anteriores + normas técnicas + dados dos fabricantes
- Quadros de distribuição – desenho de distribuição
- Quadros de distribuição de carga (tabelas)
- Diagramas unifilares
- Memorial descritivo: descreve o projeto sucintamente, incluindo dados e documentação do projeto
- Memorial de cálculo, contendo os principais cálculos e dimensionamentos: cálculo das previsões de cargas; determinação da demanda provável; dimensionamento de condutores, eletrodutos e dispositivos de proteção
- Especificações técnicas e lista de materiais
- ART junto ao CREA local, (se for o caso)
- Análise e aprovação da concessionária (possíveis revisões), (se for o caso)

Observações:

Segundo a NBR5410 a distribuição dos pontos de luz e tomadas dentro de um ambiente deve obedecer aos seguintes critérios:

I – Cada ambiente deve ter pelo menos 1 ponto de luz no teto comandado por um interruptor de parede;

II - Para cada cômodo com área igual ou inferior a 6,00 m² deve haver pelo menos 1 tomada;

III - Para cômodos com área maior do que 6,00 m² deve haver pelo menos uma tomada para 5m de perímetro ou fração;

IV - Para cozinhas, copas, áreas de serviço e banheiros deve haver pelo menos uma tomada para cada 3,50 m ou fração;

V - Para subsolos, garagens, varandas e sótão deve haver pelo menos uma tomada.

No entanto, arquitetos devem sempre projetar pensando no máximo conforto e segurança. Listar todos os equipamentos, fontes iluminantes e tomadas de serviço que sejam necessárias para atender perfeitamente às necessidades do cliente.

O projeto será tão mais adequado, quanto maior for a sua interação com o cliente, que deverá lhe passar as informações sobre suas necessidades energéticas cotidianas. Assim, o projeto deverá conter 3 etapas:

1) Avaliação das necessidades/anseios do cliente

São feitas reuniões entre o arquiteto e o cliente para estabelecer as definições gerais de projeto: tipo de iluminação e dos condutos e a maneira em que serão instalados, forma de alimentação, pontos de consumo e cargas a serem previstas, equipamentos especiais, etc.

2) Estudo preliminar

As primeiras plantas são geradas contendo a marcação dos pontos, levando em conta:

- Locação de todos os pontos de consumo - Consiste na marcação em plantas, em escalas adequadas, dos quadros de distribuição, pontos de iluminação, tomadas de uso geral, tomadas para aparelhos específicos e interruptores.
- Adequação dos pontos de luz: devem ser locados com base no projeto luminotécnico. Caso o mesmo não tenha sido elaborado, toma-se em conta que para residências adota-se: Em dependências com área inferior a 6 m² prever carga mínima de 100VA. Em dependências com mais de 6 m² prever 100VA para os primeiros 6 m² e mais 60 VA para cada 4 m² excedente.
- Locação de tomadas específicas – destinadas a alimentar equipamentos não portáteis: chuveiros, aparelhos de ar condicionado, geladeira, máquina de lavar roupa, secadora,.. devem ser instaladas no máximo a 1,5 m do local previsto para o equipamento a ser alimentado. As demais tomadas são chamadas de tomadas gerais: além das especificadas na pág. anterior deve-se prever:
 - em banheiros, pelo menos uma tomada junto ao lavatório e sempre a uma distância de mais de 60 cm do Box.
 - em cozinhas e copas acima de cada bancada com largura igual ou superior a 0,30 m pelo menos uma tomada;
 - nos demais cômodos e dependências, se a área for igual ou inferior a 6m², pelo menos uma tomada; se a área for superior a 6m², pelo menos uma tomada para cada 5m, ou fração, de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível. Para as tomadas de uso geral em banheiros, cozinhas, copas áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por tomada, até 3 tomadas e 100 VA por tomada, para as excedentes; para as tomadas de uso geral nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por tomada.
- Interruptores – para locação dos interruptores levar em conta a posição e sentido de abertura das portas e o caminho a ser percorrido pelo usuário.

3) Projeto Executivo

Projeto completo, acrescido dos desenhos de detalhados da instalação e que possibilitam a integração da instalação elétrica com os demais projetos complementares, compatibilizando as interferências entre os mesmos. Esta etapa envolve a definição do percurso dos eletrodutos, dos circuitos terminais e elaboração dos diagramas unifilares.

Traçado dos eletrodutos: deverá minimizar as quantidades de materiais a serem utilizados, e evitar interferências com as outras instalações prediais (água, esgoto, gás, etc) e elementos estruturais da construção. No entanto, a economia não deverá provocar problemas futuros de instalação e manutenção. Evitar: excesso de eletrodutos e de condutores em caixas de derivação, muitos cruzamentos de eletrodutos no interior das paredes e lajes, caixas em lugares de difícil acesso, etc.

3.2.1.4 Fluxograma Geral de Desenvolvimento do Projeto

Segundo Domingos Leite Lima Filho no livro “Projeto de Instalações Elétricas Prediais”- um projeto segue sempre o fluxograma a seguir.

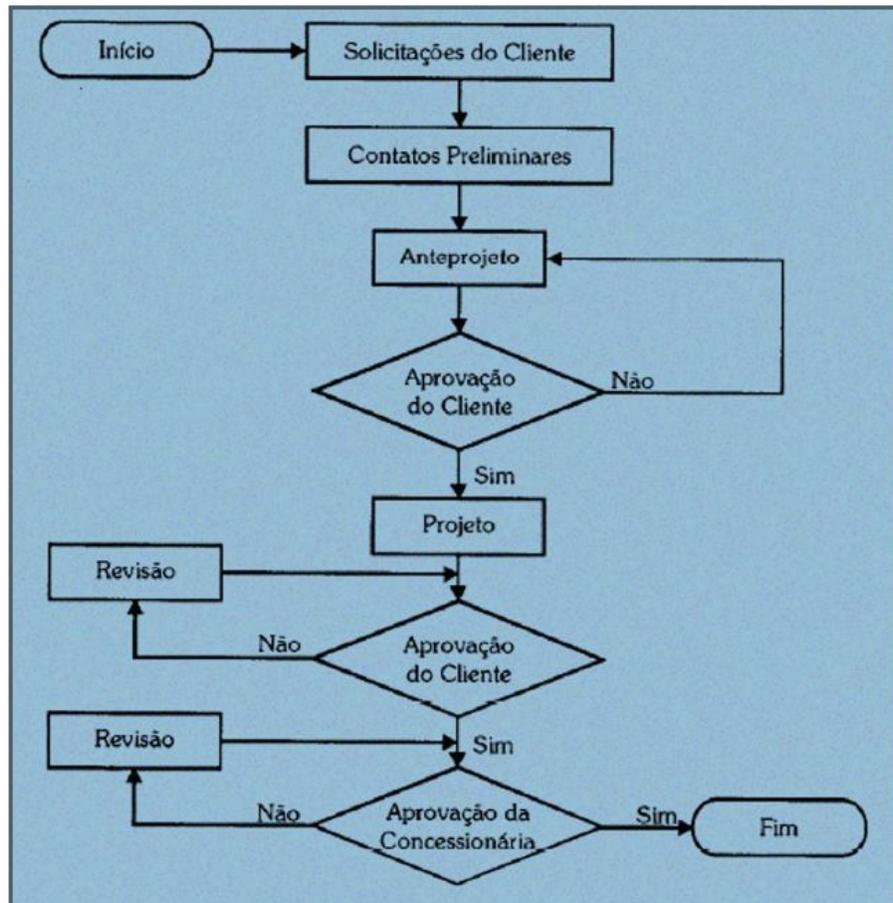


Figura 3.15 – Ilustração do Fluxograma de Desenvolvimento de Projeto.

3.2.1.5 Exercícios

Formem duplas, um será o cliente e o outro o projetista. Considerando a edificação abaixo, criar uma tabela de necessidades, e crie um layout localizando os equipamentos.

Monte o estudo preliminar seguindo a simbologia da NBR

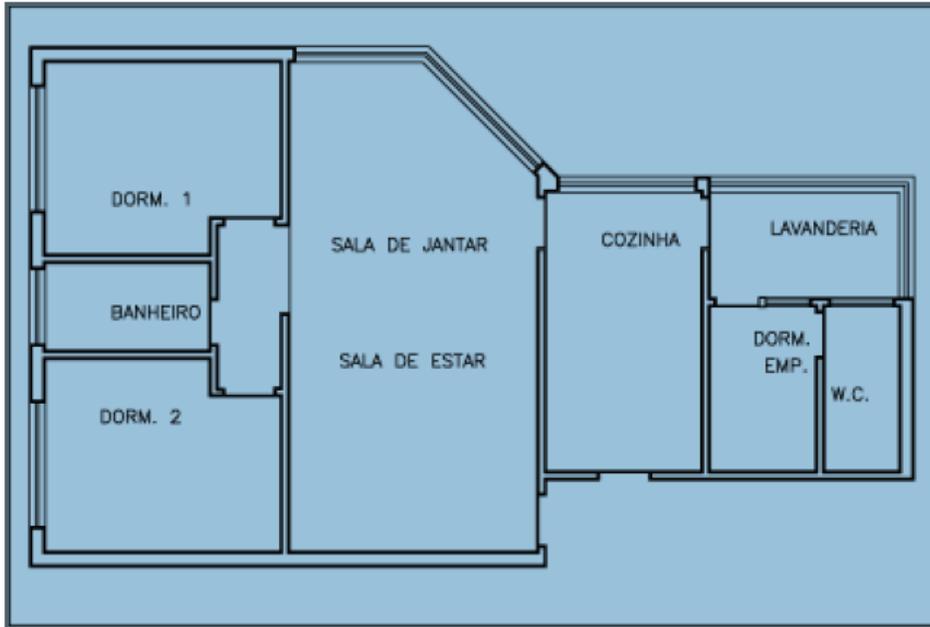


Figura 3.16 – Ilustração de uma Planta de Residência.

3.2.2 Dimensionamento

Como já foi citado no capítulo anterior, a quantificação do sistema é feito através de:

- levantamento da previsão de cargas
- divisão das cargas em circuitos
- Dimensionamento de todos os componentes do projeto.

Através de cálculos simples pode-se definir elementos que nos permite escolher adequadamente o melhor método de instalação, a seção e o material do eletroduto, a seção e tipo de isolamento de condutores e cabos e os dispositivos de proteção (disjuntores).

A prática indica a seqüência de dimensionamento, que é a seguinte:

- 1 – Estabelecer a quantidade de pontos de iluminação
- 2 – Dimensionar da potência de iluminação.
- 3 – Estabelecer a quantidade de tomadas, de uso geral e específico.
- 4 – Dimensionar da potência das tomadas de uso geral e específico.
- 5 – Dividir a instalação em circuitos terminais.
- 6 – Calcular a corrente dos circuitos.
- 7 – Dimensionar os condutores.
- 8 – Dimensionar os eletrodutos.
- 9 – Dimensionar os dispositivos de proteção dos circuitos.
- 10 – Dimensionar o quadro de distribuição de acordo com a quantidade de circuitos da instalação.

3.2.2.1 Dimensionamento da potência de iluminação

Pela NBR5410/04 a quantidade mínima de pontos e a potência instalada mínima por ambiente é :

Cada ambiente deve possuir pelo menos um ponto de luz no teto, controlado por um interruptor de parede.

Nos banheiros, as arandelas devem ficar a 60 cm, no mínimo, do limite do boxe.

A potência mínima de iluminação deve ser considerada em função da área de cada ambiente, ou seja:

- Para áreas externas em residências não há critérios definidos na NBR 5410, portanto, os pontos de iluminação vão ser determinados de acordo com as necessidades do cliente;
- Em ambientes internos com área de até 6 m², o valor mínimo é de 100VA;
- Para ambientes internos acima de 6m², o valor mínimo de 100VA é válido para os primeiros 6m². A partir daí, são acrescentados 60VA a cada 4m² inteiros considerados.

Obs: a NBR5410/04 define como “pontos” as localizações de aparelhos fixos de consumo destinado à iluminação e tomadas de corrente, os locais onde são alimentados os aparelhos eletrodomésticos e demais equipamentos.

Exemplos:

1) Para uma sala com dimensões 2,5 (Largura) x 3,0 (comprimento) m. Calculando a Área $A=L \times C = 2,5 \times 3,0 = 7,5 \text{ m}^2$. Esse valor é maior do que os 6 m² indicados na norma, no entanto a área que sobra não chega a 4 m², então não há necessidade de acrescentar mais 60VA, apenas os 100VA , já atendem ao valor mínimo estabelecido pela norma.

Três observações:

- a potência total poderá ser dividida em diversas lâmpadas, por exemplo 2 de 25VA e uma de 50 VA, contanto que a somatória seja o valor indicado.
- Essa é a potência mínima, porém por razões estéticas pode-se acrescentar outros pontos ou maior potência em cada ambiente, dependendo do uso e das preferências dos moradores da residência.
- Para o dimensionamento de iluminação em prédios de escritório, comerciais ou industriais, usa-se o método de lumens, descrito pela própria NBR 5413 – Iluminação de interiores – procedimentos.

2) Para uma outra sala com 3,2 x 3,5 m, a área é de 11,20 m². Tem-se então: para os primeiros 6m², a potência mínima de 100VA. Fora esses 6 m² a área que sobra é de : 11,20 – 6.00 = 5,20 m² como esse valor é maior do que 4 m² então tem-se mais 60 VA aí sobram 1,20 m² que não atingem 4 m² e não precisam ser quantificados = 100 + 60 = 160VA.

Admite-se que o ponto de luz seja instalado na parede (em forma de arandela) em espaços sob a escada, depósitos, despensas, lavabos e varandas, desde que suas dimensões sejam pequenas e a colocação do ponto de luz no teto seja difícil execução.

3.2.2.1 Tabela prático para dimensionamento de pontos de luz e relação de potências entre tipos diferentes de lâmpadas:

Tabela 7 – Tipos de Lâmpadas no Ponto de Luz: Incandescente e Fluorescente

| área (m ²) | carga (W) | | |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|---|
| | incandescente ⁽¹⁾ | fluorescente ⁽²⁾ | fluorescente ⁽³⁾ + reator |
| A < 10,0 | 100 | 40 | 50 |
| 10,0 ≤ A < 14,0 | 160 | 60 | 75 |
| 14,0 ≤ A < 18,0 | 220 | 80 | 100 |
| 18,0 ≤ A < 22,0 | 280 | 100 | 125 |
| 22,0 ≤ A < 26,0 | 340 | 120 | 150 |
| 26,0 ≤ A < 30,0 | 400 | 140 | 175 |
| 30,0 ≤ A < 34,0 | 460 | 160 | 200 |
| 34,0 ≤ A < 38,0 | 520 | 180 | 225 |

(1) - iluminação utilizando lâmpadas incandescentes

(2) - iluminação utilizando lâmpadas fluorescentes

(3) - consumo do conjunto lâmpada fluorescente e reator

3.2.2.2 Dimensionamento da potência de tomadas

Da mesma forma como no dimensionamento dos pontos de iluminação, a quantificação de tomadas tem relação direta com o tamanho do ambiente. Atualmente a demanda de energia elétrica por equipamentos de som/vídeo/informática e eletrodomésticos em geral é muito grande. Por isso, faz-se necessário dimensionar corretamente o projeto de instalações elétricas.

A NBR 5410 estabelece que as tomadas dividem-se em dois tipos:

- TUG -Tomadas de Uso Geral - podem ser ligados os aparelhos móveis ou portáteis que funcionam algum tempo e depois são removidos: carregador de celular, liquidificador, batedeira,
- TUE - Tomada de Uso Específico – destinadas a alimentar os equipamentos fixos: chuveiro, torneira elétrica, geladeira, maquina de lavar roupa, e outros.

3.2.2.3 Dimensionamento de Tomadas de Uso Geral (TUGs)

Segundo a NBR 5410/04, a quantidade mínima de tomadas de uso geral, deve atender aos seguintes requisitos:

- Em subsolos, varandas, garagens e sótãos, recomenda-se pelo menos uma tomada por ambiente.
- Para ambientes com área até 6m² deve-se instalar, no mínimo, uma tomada.
- Para ambientes gerais com área maior que 6m², calcula-se o perímetro, e divide-se o valor resultante por 5 (uma tomada a cada 5m). O resultado corresponde à quantidade de tomadas do ambiente. Elas devem ser espalhadas o mais uniformemente possível;
- Em copas, cozinhas ou combinação delas, deve-se ter uma tomada de uso geral a cada 3,5m de perímetro ou fração de perímetro. Acima da bancada da pia devem ser previstas, no mínimo, duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos. (particularmente eu adoto isso também para áreas de serviço). Nos banheiros deve haver, no mínimo, uma tomada junto ao lavatório a uma distância de 60cm do limite do boxe.

Observação IMPORTANTE:

Para ambientes tais como banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais semelhantes, deve-se atribuir, no mínimo, 600VA por tomada, com limite máximo de até 3 tomadas, adotando-se 100VA para as tomadas excedentes.

Exemplos:

1) Para uma sala com dimensões 2,5 (Largura) x 3,0 (comprimento) m. Calculando a Área $A=L \times C = 2,5 \times 3,0 = 7,5 \text{ m}^2$. Calculando o Perímetro $P= L+L+C+C = 2,5+2,5+3,0+3,0 = 11,00 \text{ m}$. Em seguida, divide-se o valor obtido por 5: $n = 11/5 = 2$. Esse resultado indica que devem ser instaladas 2 tomadas: uma a cada cinco metros. Porém, como ainda sobram 1m, mais uma tomada deve ser instalada, totalizando assim três TUGs.

ATENÇÃO: no caso de tomadas sempre que houver sobra de perímetro deve se adicionar mais uma tomada (diferente do cálculo de iluminação).

Distribuir, se possível uma TUG por parede, no mínimo, para possibilitar alterações de layout. Então, o ideal é colocar pelo menos 4 tomadas, uma em cada parede.

Este número estimado de tomadas é o valor mínimo admissível para esta área, isso não quer dizer que não podemos adicionar mais tomadas conforme a necessidade ou determinação do cliente ou do arquiteto. Para ambientes gerais prever potência mínima de 100VA = potência total = 400 VA

2) Para uma cozinha de 3,2 x 3,5 m, a área é de 11,20 m². O perímetro $P= 3,2+3,2+3,5+3,5 = 13,40\text{m}$. Em relação a cozinhas, a NBR 5410 orienta que as tomadas sejam instaladas a cada 3,5m ou fração de perímetro. Assim, $n = 13,6 / 3,5 = 3,83$ Isso indica que haverá uma tomada para cada um dos três primeiros 3,5 do perímetro e mais uma tomada para os 0,83 m – fração restante – 4 TUGS na cozinha, sendo que três terão potência 600VA e a outra 100VA. A potência total fica: $P = (3 \times 600) + 100 = 1900\text{VA}$

Observação: Sempre que possível, deve-se instalar uma quantidade maior de pontos de tomada de uso geral. Assim, evita-se a utilização de extensões e benjamins, reduzindo o desperdício de energia e evitando comprometer a segurança da instalação.

3.2.2.3.1 Tabelas práticas para dimensionamentos de Tomadas de Uso Geral (TUG).

As tabelas indicam as quantidades mínimas de tomadas.

3.2.2.3.1.1 Tomadas para Copa, Cozinha e Áreas de Serviços:

Tabela 8 – Quantidade de Tomada TUG por Perímetro

| perímetro (m) | tomadas de uso geral (T.U.G.) | | |
|----------------------|-------------------------------|------|-------|
| | 600W | 100W | total |
| $3,5 < P \leq 7,0$ | 2 | ---- | 2 |
| $7,0 < P \leq 10,5$ | 3 | ---- | 3 |
| $10,5 < P \leq 14,0$ | 3 | 1 | 4 |
| $14,0 < P \leq 17,5$ | 3 | 2 | 5 |
| $17,5 < P \leq 21,0$ | 3 | 3 | 6 |
| $21,0 < P \leq 24,5$ | 3 | 4 | 7 |
| $24,5 < P \leq 28,0$ | 3 | 5 | 8 |
| $28,0 < P \leq 31,5$ | 3 | 6 | 9 |
| $31,5 < P \leq 35,0$ | 3 | 7 | 10 |
| $35,0 < P \leq 38,5$ | 3 | 8 | 11 |
| $38,5 < P \leq 42,5$ | 3 | 9 | 12 |

3.2.2.3.1.2 Tomadas para Banheiros:

Tabela 9 – Quantidade de Tomada TUG no Banheiro

| área (m ²) | perímetro (m) | T.U.G. (600W) |
|---------------------------|------------------|------------------|
| qualquer | qualquer | 1 |

3.2.2.3.1.3 Tomadas para Subsolos, Varandas, Garagens e Sotãos:

Tabela 10 – Quantidade de Tomada TUG nas Áreas Extras

| área (m ²) | perímetro (m) | T.U.G. (100W) |
|---------------------------|------------------|------------------|
| qualquer | qualquer | 1 |

3.2.2.3.1.4 Tomadas para os demais Cômodos e Depêndencias:

Tabela 11 – Quantidade de Tomada TUG na Área Social

| área (m ²) | perímetro (m) | T.U.G. (100W) |
|---------------------------|----------------------|------------------|
| $A \leq 6$ | qualquer | 1 |
| $A > 6$ | $5,0 < P \leq 10,0$ | 2 |
| | $10,0 < P \leq 15,0$ | 3 |
| | $15,0 < P \leq 20,0$ | 4 |
| | $20,0 < P \leq 25,0$ | 5 |
| | $25,0 < P \leq 30,0$ | 6 |
| | $30,0 < P \leq 35,0$ | 7 |
| | $35,0 < P \leq 40,0$ | 8 |

3.2.2.4 Dimensionamento de tomadas de uso específico (TUEs)

O dimensionamento e a quantidade de aparelhos que necessitam de tomadas de uso específico têm relação direta com o número de aparelhos que serão instalados em cada ambiente. A potência nominal é a potência indicada na identificação do aparelho, ou em sua especificação contida no manual de instalação.

Em geral no mínimo tem-se:

- Um chuveiro: 5.600W a 6.500W
- Uma torneira elétrica: 3.000W a 5000W
- Uma geladeira: 500W a 800W
- Máquina de Lavar: 600W a 2.000W

- Ferro de passar roupa: 400W a 1.600

Estes aparelhos já possuem locais pré-determinado, e suas tomadas devem ser instaladas a, no máximo, 1,5 m de cada equipamento. Devemos sempre deixar uma potência maior (folga) para equipamentos com potência alta por que constantemente são lançados novos modelos com maior potência e os usuários tendem a trocá-los.

A norma prevê que aquecedores de água sejam conectados diretamente sem utilização de tomada e que tenham um circuito próprio.

Tabela dos principais equipamentos e potências relativas:

Tabela 12: Potência de Aparelhos Elétricos

| IT | Aparelhos Elétricos | Potência Média (watts) | Número de Dias de Uso no Mês estimado | Tempo Médio de Utilização Por Dia | Consumo Médio Mensal(kWh) |
|----|---------------------|------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 01 | Aparelho de Som | 100 | 30 | 4h | 12,00 |
| 02 | Ar condicionado | 1500 | 30 | 2h | 90,00 |
| 03 | Aspirador de Pó | 600 | 4 | 1h | 0,41 |
| 04 | Bomba d'água | 300 | 30 | 2h | 18,00 |
| 05 | Cafeteira Elétrica | 600 | 30 | 1h | 18,00 |
| 06 | Chuveiro elétrico | 4400 | 30 | 40min(**) | 88,00 |
| 07 | Enceradeira | 300 | 4 | 30min | 4,50 |

Continuação da Tabela 12: Potência de Aparelhos Elétricos

| IT | Aparelhos Elétricos | Potência Média (watts) | Número de Dias de Uso no Mês estimado | Tempo Médio de Utilização Por Dia | Consumo Médio Mensal(kWh) |
|----|-----------------------|------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 08 | Ferro Elétrico | 1000 | 8 | 2h | 16,00 |
| 09 | Forno Elétrico | 1500 | 15 | 1h | 22,50 |
| 10 | Forno Microondas | 1300 | 30 | 20min | 13,00 |
| 11 | Freezer | 400 | 30 | 10h(*) | 120,00 |
| 12 | Geladeira Duplex | 300 | 30 | 10h(*) | 90,00 |
| 13 | Geladeira Simples | 200 | 30 | 10h(*) | 60,00 |
| 14 | Impressora Jato Tinta | 50 | 20 | 1h | 1,50 |
| 15 | Impressora Laser | 400 | 20 | 1h | 12,00 |
| 16 | Impressora Matricial | 200 | 20 | 1h | 6,00 |
| 17 | Lâmpada Fluorescente | 20 | 30 | 12h | 7,20 |
| 18 | Lâmpada Fluorescente | 40 | 30 | 12h | 14,40 |
| 19 | Lâmpada Incandescente | 60 | 30 | 12h | 21,60 |
| 20 | Lâmpada Incandescente | 100 | 30 | 12h | 36,00 |
| 21 | Lavadora de Louças | 1500 | 30 | 40min | 30,00 |
| 22 | Lavadora de Roupas | 1000 | 8 | 2h | 16,00 |
| 23 | Limpadora a Vapor | 2200 | 4 | 1h | 66,00 |
| 24 | Micro-Computador | 200 | 20 | 2h | 8,00 |
| 25 | Secador de Cabelo | 900 | 8 | 30min | 3,60 |
| 26 | Secadora de Roupas | 3500 | 8 | 1h | 28,00 |

1. Considerando a planta anterior:

- listar os ambientes da residência e indicar quantos e quais são os componentes instalados em cada um.
- quais são os condutores indicados a passarem pelo eletroduto indicado pela letra A? e pela letra B?
- quais são os erros verificados no projeto?
- o que poderia ser melhorado?
- preencha a seguinte tabela:

Tabela 13: Potência Instalada

| Circuito (nº) | Ambiente | Iluminação(w) | TUG(VA) | TUE(VA) |
|---------------|----------|---------------|---------|---------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

2. Considerando a planta a seguir:

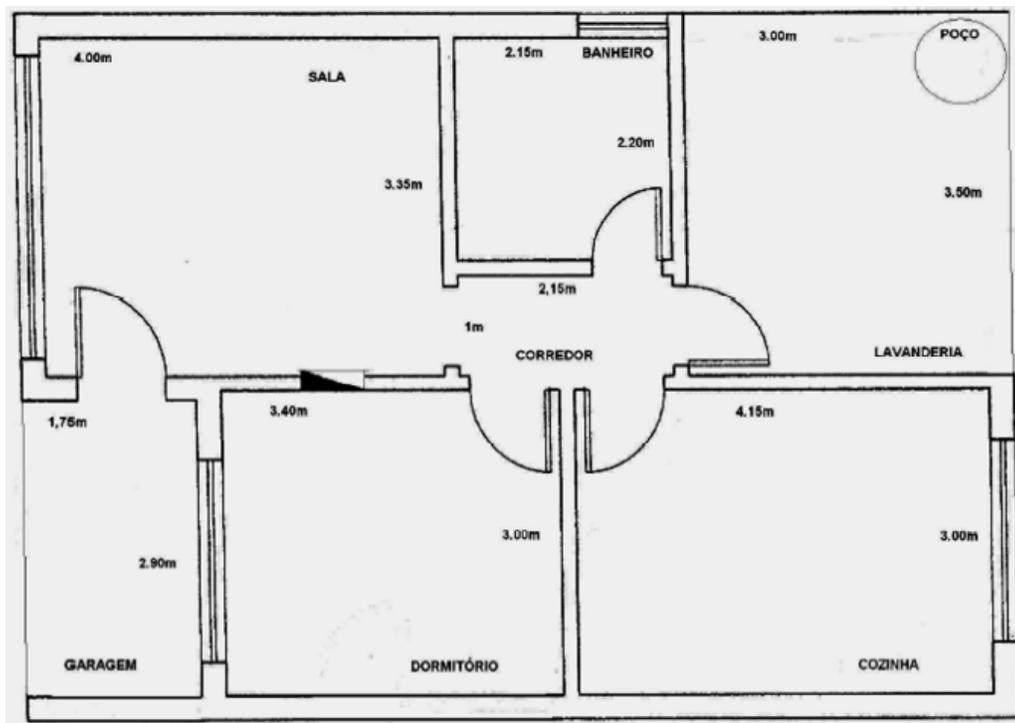


Figura 3.18 – Ilustração de uma Planta Baixa de uma Residência.

Dimensionar seguindo a NBR 5410/04 a quantidade e potência de pontos de iluminação, TUGs e TUEs. Preencha a tabela seguindo modelo a seguir:

3.2.3 Divisão dos Circuitos

Pode-se considerar circuito elétrico como o conjunto de componentes, condutores e cabos, ligados ao mesmo equipamento de proteção (disjuntor). Então, cada circuito será composto pôr todos os condutores, eletrodutos, tomadas, luminárias ligados a um mesmo disjuntor.

Tem-se dois tipos básicos de circuito:

- Circuito de Distribuição – liga o quadro do medidor ao quadro de distribuição.
- Circuito Terminal – é aquele que parte do quadro de distribuição e alimenta diretamente lâmpadas, tomadas de uso geral(TUG) e tomadas de uso específico(TUE).

Segundo a NBR 5410/04, deve-se :

- Prever circuitos de iluminação separados dos circuitos de TUGs, procurando limitar a corrente total do circuito a 10A.
- Prever circuitos independentes, exclusivos para cada equipamento que possua corrente nominal superior a 10A.
- Limitar a potência total para 1.270VA em instalações 127V e 2.200 VA em 220V.

Isso pressupõe que, para uma instalação predial residencial, tem-se, no mínimo, três circuitos terminais: um para iluminação, um para uso geral e um para uso específico (chuveiro).

No entanto, um bom projeto de circuitos terminais levará em conta:

Recomenda-se para os circuitos de iluminação, separá-los em:

- Área Social: sala, dormitórios, banheiro, corredor e hall.
- Área de Serviço: copa, cozinha, área de serviço e área externa.

E para os circuitos de tomada de uso geral, separa-los em:

- Área Social: sala, dormitórios, banheiro, corredor e hall.
- Área de Serviço 1: Copa.
- Área de Serviço 2: Cozinha.
- Área de Serviço 3: Área de serviço.

Com relação aos circuitos de tomada de uso específico, deve-se ter um circuito independente para cada carga que possua uma corrente nominal superior a 10 A, portanto um disjuntor para cada tomada que alimentará o equipamento específico. Nas instalações alimentadas com duas ou três fases, as cargas devem ser distribuídas entre as fases de modo que se obtenha o maior equilíbrio possível.

Exemplo : cada caso é um caso, mas segue um pequeno exemplo: Para uma casa básica com sala, cozinha, dois dormitórios, uma área de serviço e um banheiro, para o qual faremos um projeto dentro da Norma técnica , sem preocupação com economias que trazem prejuízos futuros.

Solicitações:

- Nos dormitórios haverá um aparelho de ar condicionado em cada um (220V, 5A) e um computador (127V, 4A) em um deles.
- Na sala não haverá nenhuma tomada de uso específico.
- Na cozinha haverá uma geladeira (127V, 4A), um forno de microondas (127V, 6A) e uma torneira elétrica (220V, 15A).
- Na área de serviço serão instaladas uma lavadora (127V, 6A) e uma secadora (127V, 12A).
- No banheiro haverá um aquecedor para a torneira da pia (220V, 20A) e um chuveiro (220V, 25A).

Com relação às tomadas de uso específico, a NBR 5410, prevê um circuito para cada equipamento que possua corrente acima de 10A, ou seja, no exemplo têm-se:

- Circuito 1 - Torneira elétrica da cozinha (15A);220V
- Circuito 2 - Chuveiro elétrico no banheiro (25A);220V
- Circuito 3 - Aquecedor para a torneira da pia do banheiro (20A);220V
- Circuito 4 - Secadora (12A);

Os circuitos restantes foram assim agrupados:

- Circuito 5 – Dois aparelhos de ar condicionado para os dormitórios (2 x 5A);
- Circuito 6 – Uma geladeira (4A) e um forno de microondas (6A) na cozinha.
- Circuito 7 - Lavadora (6A), na lavanderia e demais TUGs da lavanderia
- Circuito 8 – Computador (4A) e demais TUGs dos dormitórios;
- Circuito 9 – TUGs da sala e copa.
- Circuitos 10 em diante – Iluminação

3.2.3.1 Cálculo da Corrente Elétrica dos Circuitos

Sabe-se que existe uma relação direta entre a Potência elétrica, tensão e a corrente através da fórmula: $P = V \times I$, onde P = Potência elétrica; V = Tensão elétrica; e I = Corrente elétrica, isto é, para se obter a potência, é só multiplicar a tensão pela corrente. Cada circuito é responsável por alimentar certa carga (potência). Normalmente nos equipamentos, encontra-se o valor da Potência e da tensão, então para encontrar a corrente basta inverter a fórmula $I = P/V$. Por exemplo, se o cliente tiver um forno elétrico que consome 1100W, com tensão de 127V, a corrente elétrica será: $I = P/V = 1100/127 = 8,66$ A. A bitola do condutor e o dispositivo de proteção (disjuntor) são dimensionados a partir do valor da corrente. Então: soma-se a potência de um dado circuito, divide-se pela tensão do mesmo e chega-se à corrente.

3.2.3.2 Condutores e Eletrodutos, e seu Dimensionamento

É através dos condutores elétricos que a corrente elétrica circula, dissipando uma quantidade de calor (efeito Joule). Esse efeito, apesar de não poder ser evitado, pode ser minimizado através da escolha correta do tipo e bitola do condutor. Fabricados com materiais condutores, entre os quais os mais utilizados são o cobre e o alumínio. Cada um desses materiais apresentam vantagens e desvantagens em sua utilização. Atualmente o condutor de cobre é o mais utilizado nas instalações elétricas residenciais, comerciais e industriais, e o condutor de alumínio é mais empregado em linhas de transmissão por ser mais leves, gerando maior economia estrutural. Como já foi explanado, quando o condutor é constituído de apenas um fio é denominado de fio rígido, quando é constituído de vários fios, chama-se cabo e é bem mais flexível do que um fio de mesma seção, facilitando a instalação. A NBR5410/04 determinou que os fios e cabos:

- usem nova escala de seções padronizadas em mm^2 e
- empreguem materiais isolantes com nova temperatura-limite, aumentando de 60 °C para 70 °C.

Materiais isolantes com resistência maior a temperatura permitem o aumento da densidade de corrente (ampères por mm^2).

3.2.3.2.1 Isolação

Para a proteção do condutor contra choques mecânicos, umidade e elementos corrosivos, é utilizada uma capa de material isolante denominada isolação, que tem como principal propriedade a separação entre os diversos condutores. A camada isolante deve suportar a diferença de potencial entre os condutores e terra e à temperaturas elevadas. Alguns condutores possuem duas camadas de materiais diferentes, nesse caso, a camada interna (isolação) é constituída por um composto com propriedades de proteção elétricas, e a externa (cobertura) é constituída por um material com características de proteção mecânicas elevadas.

Tabela 15 – Tipo de Isolação de Condutores.

| Tipo de Isolação | Temperatura Máxima para serviço contínuo (condutor °C) | Temperatura limite de sobrecarga (condutor °C) | Temperatura limite de Curto-circuito (condutor °C) |
|----------------------------------|--|--|--|
| Cloreto de polivilina (PVC) | 70 | 100 | 160 |
| Borracha etileno-propileno (EPR) | 90 | 130 | 250 |
| Polietileno reticulado (XLPE) | 90 | 130 | 250 |

Abaixo tabela que mostra o limite de condução elétrica pelos condutores com relação ao diâmetro da seção.

Tabela 16 – Limites de Condução Elétrica de Condutores.

| PVC/ 70°C - NBR6148 - ABNT | | | | |
|----------------------------------|---------|--|----------------------------------|---------|
| Série Métrica (mm ²) | Ampères | | Série Métrica (mm ²) | Ampères |
| 1,5 | 15,5 | | 70 | 171 |
| 2,5 | 21 | | 95 | 207 |
| 4,0 | 28 | | 120 | 239 |
| 6,0 | 36 | | 150 | 272 |
| 10,0 | 50 | | 185 | 310 |
| 16,0 | 66 | | 240 | 364 |
| 25 | 89 | | 300 | 419 |
| 35 | 111 | | 400 | 502 |
| 50 | 134 | | 500 | 578 |

Como já se sabe, os condutores devem estar protegidos contra sobrecargas e curtos circuitos através de disjuntores adequados que também são dimensionados de acordo com sua capacidade de condução de corrente, especificada pelo fabricante.

Dimensionar o condutor (fio ou cabo) de um circuito é definir a bitola seção nominal) dos cabos alimentadores do circuito de forma que seja garantido que a corrente que circular por ele, durante um tempo ilimitado, não provocará superaquecimento.

3.2.3.2.2 Seção Mínima dos Condutores

A NBR 5410/04 estabelece as seções mínimas dos condutores de um circuito em função do uso e determina a unidade da seção em mm². Para circuitos de iluminação, a seção mínima de um condutor de cobre é de 1,5mm² e para circuitos de tomadas (TUE E TUG) a seção mínima de um condutor de cobre é de 2,5 mm². Também especifica a seção mínima dos condutores neutro e de aterramento para circuitos monofásicos e bifásicos.

Tabela 17: Seção Mínima do Condutor de Proteção

| Seção dos condutores fase (mm ²) | Seção mínimo do condutor neutro (mm ²) | Seção mínima do condutor de proteção (mm ²) (aterramento) |
|--|--|---|
| 1,5 a 16 | A mesma seção do condutor fase | A mesma seção do condutor fase |
| 25 | A mesma seção do condutor fase | 16 |
| 35 | A mesma seção do condutor fase | 16 |
| 50 | A mesma seção do condutor fase | 25 |
| 70 | A mesma seção do condutor fase | 35 |
| 95 | A mesma seção do condutor fase | 50 |
| 120 | A mesma seção do condutor fase | 70 |
| 150 | A mesma seção do condutor fase | 70 |

Para o dimensionamento dos condutores, a NBR 5410/04 estabelece dois métodos:

- Dimensionamento pelo critério da máxima condução de corrente;
- Dimensionamento pelo critério da queda de tensão admissível nos condutores.
- **Critério da máxima condução de corrente** é o método mais utilizado em projetos elétricos prediais e residenciais.
- Segundo esse método deve-se :
 - Calcular a corrente elétrica de cada circuito (corrente de projeto);
 - Determinar o fator de agrupamento de cada circuito;
 - Calcular a corrente corrigida de cada circuito;
 - Determinar o condutor em função da máxima capacidade de condução de corrente.

3.2.3.2.2.1 Cálculo da Corrente no Circuito

- Circuito Monofásico (Fase e 1 Neutro)

$$I_B = \frac{P_n}{v \cdot \text{Cos}\varphi \cdot \eta}$$

I_B : Corrente de Projeto do circuito, em ampères (A)

P_n : Potência nominal do circuito, em Watts;

v : Tensão entre fase e neutro, em Volts;

$\text{Cos}\varphi$: Fator de Potência

η : Rendimento, isto é, a relação entre a Potência de saída P_s ($\eta = P_s/P_e$) e a Potência de entrada P_e de um equipamento.

- Circuitos Bifásicos (2 Fases e 1 Neutro)

$$I_B = \frac{P_n}{V \cdot \text{Cos}\varphi \cdot \eta}$$

V : Tensão entre fases, em Volts;

- Circuitos Trifásicos (3 Fases e 1 Neutro)

$$I_B = \frac{P_n}{3 \cdot v \cdot \text{Cos}\varphi \cdot \eta}$$

- Circuitos Trifásicos Balanceados (3 Fases)

$$I_B = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \text{Cos}\varphi \cdot \eta}$$

3.2.3.2.2 Condutores Carregados conforme o Tipo de Circuito

Tabela 18: Número de Condutores Carregados

| Esquema de condutores vivos do circuito | Número de condutores carregados a ser adotado |
|---|---|
| Monofásico a dois condutores | 2 |
| Monofásico a três condutores | 2 |
| Duas fases sem neutro | 2 |
| Duas fases com neutro | 3 |
| Trifásico sem neutro | 3 |
| Trifásico com neutro | 3 ou 4 ¹⁾ |
| ¹⁾ Ver 6.2.5.6.1. | |

3.2.3.2.3 Cálculo da Corrente de Projeto

Como já foi citada a corrente de projeto (I_B) é obtida dividindo-se a potência do circuito (em VA ou W) pela Tensão do circuito (em V) $I_B = P/V$

Por exemplo: uma máquina de lavar com Potência de 1200 w alimentado por uma tensão de 127V:

$$I_B = \frac{P}{V} = \frac{1200}{127} = 9,45A \Rightarrow I_B = 9,45A .$$

Para um chuveiro de 5400W com 220V. $I_B = \frac{P}{V} = \frac{5400}{220} = 24,54A \Rightarrow I_B = 24,54A$

3.2.3.2.4 Fator de Correção de Agrupamento (FCA)

A corrente de projeto indica a corrente elétrica que será transportada pelo condutor até o equipamento que está sendo alimentado pelo sistema elétrico. Essa corrente elétrica que passa pelo condutor localizado dentro do eletroduto provoca um aquecimento. Esse aquecimento é dissipado dentro do eletroduto e quanto maior for a quantidade de circuitos dentro do eletroduto, menor será a capacidade desse eletroduto de dissipar esse calor, o que causa o superaquecimento do circuito. Pôr causa desse aquecimento, os condutores ficam com sua capacidade de condução de corrente prejudicada. Para solucionar este problema, a NBR 5410/04 estabelece que seja feita a correção da corrente elétrica em função do número de circuitos agrupados no interior de cada eletroduto. Essa correção é feita utilizando-se um fator de agrupamento de condutores. O fator de correção de agrupamento é um valor numérico estabelecido em função do agrupamento de circuitos no pior trecho do projeto. Veja tabela a seguir:

Tabela 19: Fator de Correção de Agrupamento.

| Item | Disposição dos cabos justapostos | Número de círculos ou de cabos multipolares | | | | | | | | | | | | Tabelas dos métodos de referência |
|------|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 12 | 16 | 20 | |
| 1 | Feixe de cabos ao ar livre ou sobre superfície; cabos em condutos fechados | 1,00 | 0,80 | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,57 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | 0,45 | 0,41 | 0,38 | 31 a 34 (métodos A a F) |

Para efetuar o cálculo, escolha um circuito, diga todo o caminho de ligação desse circuito para identificar em qual trecho há um maior agrupamento de circuitos. Depois contar quantos circuitos se acumulam no trecho de maior densidade e consultar na tabela acima o fator de agrupamento que deverá ser utilizado.

3.2.3.2.5 Fator de Correção de Temperatura (FCT)

As características dos condutores são obtidas em certa temperatura pelos fabricantes, por isto caso o ambiente em que ele será instalado operar com uma temperatura diferente ao do ensaio, deve-se aplicar um fator de correção de temperatura (FCT). A tabela 14 é aplicável a temperaturas ambientes diferentes de 30°C para condutores embutidos na parede e de 20°C (temperatura do solo) para condutores enterrados.

Tabela 20: Fator de Correção de Temperatura.

| 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 | 1 | 1 |
| 25 | 1,06 | 1,04 | 0,95 | 0,96 |
| 30 | 1 | 1 | 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 |

(*) De acordo com a tabela 35 da NBR 5410/1997.

3.2.3.2.6 Cálculo da Corrente de Projeto Corrigida

A corrente corrigida de um circuito é o valor da corrente de projeto dividido pelo fator de agrupamento.

Então, o valor da corrente de projeto corrigida (I_{BC}) de um circuito é igual a: $I_{BC} = \frac{I_B}{FCA \cdot FCT}$.

Onde, I_{BC} é a corrente de projeto corrigida; I_B é a corrente de projeto e FCA é o fator de Correção de agrupamento e FCT é o fator de Temperatura.

Exemplo: Numa residência, o circuito 2 alimenta o circuito de alimentação da área social com 800VA de potência elétrica. Ao acompanharmos o caminho que o circuito faz na instalação, notamos que num dado trecho, onde se encontra a maior concentração, este circuito do projeto elétrico está instalado junto com dois outros circuitos no mesmo eletroduto. Temos que, a corrente corrigida deste circuito será de: Lembre-se primeiro de calcular a corrente de projeto (I_B), considere a temperatura do local da instalação de 30°C, assim FCT=1.

$$I_B = \frac{P}{V} = \frac{800}{127} = 6,30A \Rightarrow I_B = 6,30A$$

Observando a tabela anterior, vemos que o fator de Correção de agrupamento (FCA) para um circuito que encontra com outros dois é de FCA = 0,70.

Pela fórmula de correção de corrente de projeto, tem-se:

$$I_{BC} = \frac{I_B}{FCA} = \frac{6,30}{0,70} = 9,00A \Rightarrow I_{BC} = 9,00A$$

3.2.3.2.7 Capacidade de Condução de Corrente dos Condutores

Para o correto dimensionamento dos condutores que serão utilizados na instalação, não basta conhecer a corrente corrigida do projeto por circuito. É necessário conhecer qual é a maior corrente elétrica que o condutor suporta, sem que haja um sobreaquecimento capaz de danificar a sua isolamento. A NBR 5410/04, estabelece os valores de corrente para os condutores em função do modo como serão instalados. Na tabela a seguir, os valores nominais de capacidade de condução de corrente, para condutores isolados, são fornecidos para os instalados no interior de eletrodutos plásticos, os embutidos em alvenaria ou para eletrodutos metálicos aparentes.

Tabela 21: Método de Instalação dos Condutores

| Método de instalação número | Esquema ilustrativo | Descrição | Método de referência ¹⁾ |
|-----------------------------|---|---|------------------------------------|
| 7 |  | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria | B1 |
| 8 |  | Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria | B2 |

Tabela 22: Seção pela Capacidade de Condução de Corrente dos Condutores

| Seções nominais (mm ²) | MÉTODOS DE INSTALAÇÃO DEFINIDOS NA TABELA 15 | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | A1 | | A2 | | B1 | | B2 | | C | |
| | 2 condutores carregados | 3 condutores carregados | 2 condutores carregados | 3 condutores carregados | 2 condutores carregados | 3 condutores carregados | 2 condutores carregados | 3 condutores carregados | 2 condutores carregados | 3 condutores carregados |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| 0,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 8 | 9 | 8 | 10 | 10 |
| 0,75 | 9 | 9 | 9 | 9 | 11 | 10 | 11 | 10 | 13 | 13 |
| 1 | 11 | 10 | 11 | 10 | 14 | 12 | 13 | 12 | 15 | 15 |
| 1,5 | 14,5 | 13,5 | 14 | 13 | 17,5 | 15,5 | 16,5 | 15 | 19,5 | 19,5 |
| 2,5 | 19,5 | 18 | 18,5 | 17,5 | 24 | 21 | 23 | 20 | 27 | 27 |
| 4 | 26 | 24 | 25 | 23 | 32 | 28 | 30 | 27 | 36 | 36 |
| 6 | 34 | 31 | 32 | 29 | 41 | 36 | 38 | 34 | 46 | 46 |
| 10 | 46 | 42 | 43 | 39 | 57 | 50 | 52 | 46 | 63 | 63 |
| 16 | 61 | 56 | 57 | 52 | 76 | 68 | 69 | 62 | 85 | 85 |
| 25 | 80 | 73 | 75 | 68 | 101 | 89 | 90 | 80 | 112 | 112 |
| 35 | 99 | 89 | 92 | 83 | 125 | 110 | 111 | 99 | 138 | 138 |
| 50 | 119 | 108 | 110 | 99 | 151 | 134 | 133 | 118 | 168 | 168 |
| 70 | 151 | 136 | 139 | 125 | 192 | 171 | 168 | 149 | 213 | 213 |
| 95 | 182 | 164 | 167 | 150 | 232 | 207 | 201 | 179 | 258 | 258 |
| 120 | 210 | 188 | 192 | 172 | 269 | 239 | 232 | 206 | 299 | 299 |
| 150 | 240 | 216 | 219 | 196 | 309 | 275 | 265 | 236 | 344 | 344 |

Portanto, para determinar a correta seção do condutor basta respeitar a equação:

$I_z \geq I_{BC}$, isto é, o condutor escolhido deve possuir uma capacidade de condução de corrente maior ou igual à corrente corrigida. Nela, I_{BC} é a corrente corrigida e I_z é a capacidade de condução de corrente para uma dada seção.

Exemplo: Para uma residência que possui um circuito de iluminação com potência 1100VA, tensão do circuito 127V; e acúmulo de 3 circuitos no trecho mais denso da instalação, considere a temperatura do local da instalação de 30 °C, assim FCT=1:

O primeiro passo é calcular a corrente de projeto: $I_B = \frac{P}{V} = \frac{1100}{127} = 8,66A \Rightarrow I_B = 8,66A$

Depois é necessário encontrar o fator de Correção de agrupamento deste circuito na tabela:
Fator de Correção de agrupamento para 3 circuitos = 0,70, FCA = 0,70

Aplicando a fórmula tem-se: $I_{BC} = \frac{I_B}{FCA} = \frac{8,66}{0,70} = 12,37A \Rightarrow I_{BC} = 12,37A$

Pela NBR 5410/04, não é permitido utilizar num circuito de iluminação, um condutor com seção menor que 1,5mm², que, pela tabela de capacidade de condução de corrente de condutores, suporta até 15,5A. Então, o condutor a ser utilizado é o de 1,5 mm². Para facilitar os cálculos monte para cada um dos projetos, uma tabela semelhante a que vem a seguir:

Tabela 23: Demanda Instalada Total.

| Circuito Nº | Tipo | Tensão (V) | Potência (VA) ou (W) | Corrente de projeto (I_B) (A) | Fator de Agrupamento (f) | Corrente Corrigida (I_C) (A) | Seção dos Condutores (mm ²) |
|----------------|------|---------------|----------------------------|--|--------------------------------|--|---|
| | | | | | | | |
| 1 | ILUM | 127 | 200 | 1,57 | 0,80 | 1,96 | 1,5 |
| 2 | TUG | 127 | 300 | 2,36 | 1,00 | 2,36 | 2,5 |
| 3 | TUE | 220 | 4400 | 20 | 0,80 | 25 | 4 |

3.2.3.2.8 Critério do Limite da Queda de Tensão

A queda de tensão provocada pela passagem de corrente elétrica nos condutores dos circuitos de uma instalação deve estar dentro de determinados limites máximos, a fim de não prejudicar o funcionamento dos equipamentos de utilização ligados aos circuitos terminais.

Os efeitos de uma queda de tensão acentuada nos circuitos alimentadores e terminais de uma instalação levarão os equipamentos a receber em seus terminais, uma tensão inferior aos valores nominais. Isto é prejudicial ao desempenho dos equipamentos, que além de não funcionarem satisfatoriamente (redução de iluminância em circuitos de iluminação, redução de torque ou impossibilidade de partida de motores, etc) poderão ter a sua vida útil reduzida.

Limite de Quedas de Tensão

Em qualquer ponto de utilização da instalação, a queda de tensão verificada não deve ser superior aos seguintes valores, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação:

- 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);
- 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado;
- 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
- 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.

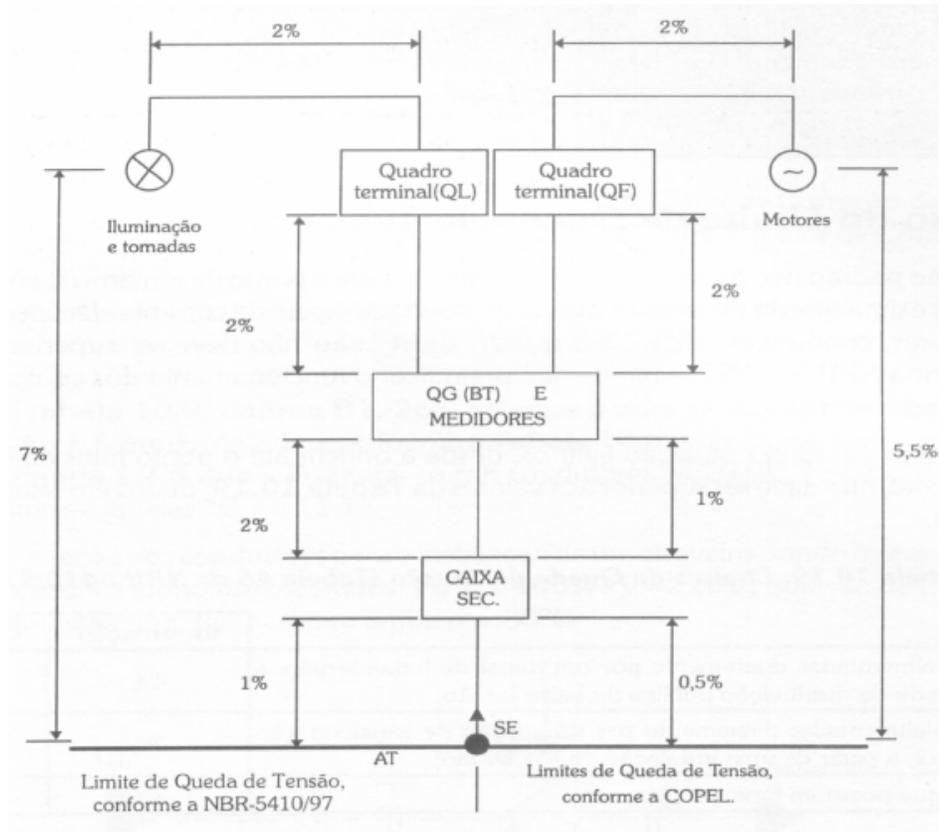


Figura 3.20 – Limites de Queda de Tensão – NBR-5410.

Roteiro para Dimensionamento pela Queda de Tensão

Passo 1: Dados Necessários

- Maneira de Instalar do Circuito;
- Material do Eletroduto (Magnético ou não Magnético);
- Tipo do Circuito (Monofásico, ou Trifásico);
- Corrente de Projeto, I_B , em Ampères;
- Fator de Potência Média, $\cos\phi$ do circuito;
- Comprimento, l do Circuito em Km;
- Tipo de isolamento do condutor;
- Tensão, V , do circuito em Volts;
- Queda de Tensão, $e(\%)$, admissível.

Passo 2: Cálculo da queda de Tensão Unitária

A queda de Tensão Unitária, ΔV_{unit} , em Volts/Ampère.Km, do circuito, é calculada pela expressão:

$$\Delta V_{unit} = \frac{e(\%) \cdot V}{I_B \cdot l}$$

Passo 3: Escolha do Condutor

Com o valor de ΔV_{unit} calculado, entramos em uma das tabelas de queda de tensão para condutores que apresente as condições de instalação indicadas no item "a", e nesta encontramos o valor cuja queda de tensão seja igual ou imediatamente inferior à calculada, encontrando daí a bitola nominal do condutor correspondente.

OBS: O processo de cálculo indicado acima é usado para circuitos de distribuição e para circuitos terminais que servem a uma única carga, sendo "l" o comprimento do circuito, desde a origem até a carga (ou ao quadro de distribuição).

Em circuitos com várias cargas distribuídas, teremos que calcular a queda de tensão trecho a trecho, ou aplicar o Método Simplificado Watts x metros, conforme veremos adiante.

IMPORTANTE: a chamada "queda de tensão unitária", dada em V/A.Km é tabelada **pelos fabricantes de cabos** para diversos tipos de circuitos e diversos valores do fator de potência.

Tabela 24: Seção pela Queda de Tensão em V/A.km

| Seção nominal (mm ²) | Eletroduto e eletrocalha ^(A) (material magnético) | | Eletroduto e eletrocalha ^(A) (material não-magnético) | | | |
|----------------------------------|--|-----------|--|-----------|--------------------|-----------|
| | Pirastic, Pirastic Flex | | Pirastic e Pirastic Flex | | | |
| | Circuito monofásico e trifásico | | Circuito monofásico | | Circuito trifásico | |
| | FP = 0,8 | FP = 0,95 | FP = 0,8 | FP = 0,95 | FP = 0,8 | FP = 0,95 |
| 1,5 | 23 | 27,4 | 23,3 | 27,6 | 20,2 | 23,9 |
| 2,5 | 14 | 16,8 | 14,3 | 16,9 | 12,4 | 14,7 |
| 4 | 9,0 | 10,5 | 8,96 | 10,6 | 7,79 | 9,15 |
| 6 | 5,87 | 7,00 | 6,03 | 7,07 | 5,25 | 6,14 |
| 10 | 3,54 | 4,20 | 3,63 | 4,23 | 3,17 | 3,67 |
| 16 | 2,27 | 2,70 | 2,32 | 2,68 | 2,03 | 2,33 |
| 25 | 1,50 | 1,72 | 1,51 | 1,71 | 1,33 | 1,49 |
| 35 | 1,12 | 1,25 | 1,12 | 1,25 | 0,98 | 1,09 |
| 50 | 0,86 | 0,95 | 0,85 | 0,94 | 0,76 | 0,82 |
| 70 | 0,64 | 0,67 | 0,62 | 0,67 | 0,55 | 0,59 |
| 95 | 0,50 | 0,51 | 0,48 | 0,50 | 0,43 | 0,44 |
| 120 | 0,42 | 0,42 | 0,40 | 0,41 | 0,36 | 0,36 |
| 150 | 0,37 | 0,35 | 0,35 | 0,34 | 0,31 | 0,30 |
| 185 | 0,32 | 0,30 | 0,30 | 0,29 | 0,27 | 0,25 |
| 240 | 0,29 | 0,25 | 0,26 | 0,24 | 0,23 | 0,21 |
| 300 | 0,27 | 0,22 | 0,23 | 0,20 | 0,21 | 0,18 |
| 400 | 0,24 | 0,20 | 0,21 | 0,17 | 0,19 | 0,15 |
| 500 | 0,23 | 0,19 | 0,19 | 0,16 | 0,17 | 0,14 |

NOTAS:

A) As dimensões do eletroduto e da eletrocalha adotadas são tais que a área dos cabos não ultrapassa 40% da área interna dos mesmos;

B) Os valores da tabela admitem uma temperatura no condutor de 70 °C.

Correntes Máximas de Curto Circuito do Condutor

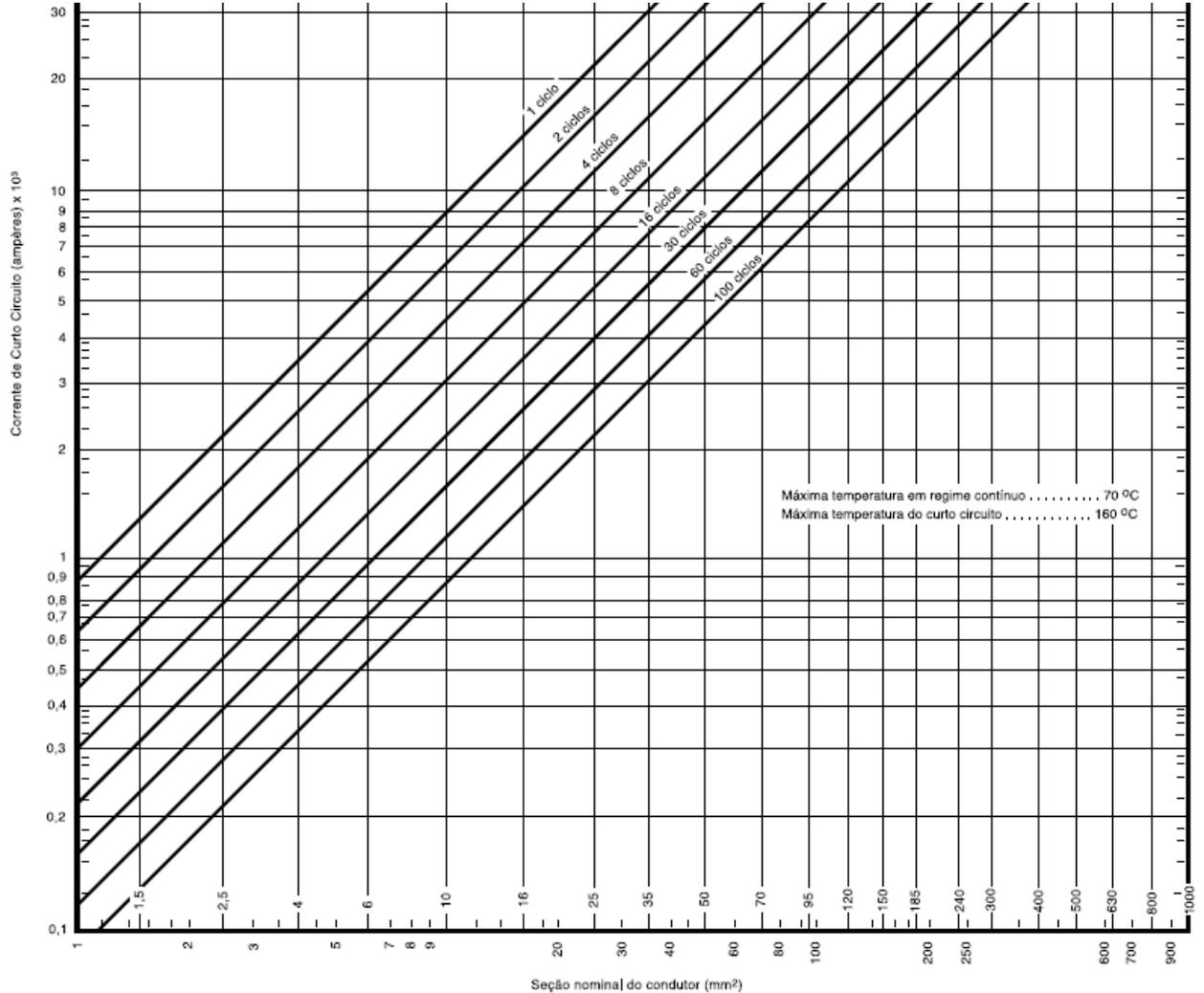


Gráfico 1 – Corrente Máxima de Curto circuito.

Passo 4: Cálculo da queda de Tensão pelo Método do Watts x metro

Podemos utilizar um método simplificado para calcular a queda de tensão em circuitos com pequenas cargas. Este método pode ser aplicado a circuitos terminais de instalações de casa e apartamentos, nos quais temos diversas cargas (lâmpadas e tomadas) distribuídas ao longo dos mesmos.

Este método considera apenas a resistência ôhmica dos condutores, não considerando a reatância indutiva, que também influi na queda de tensão. Também parte do princípio de que a corrente elétrica distribui-se de forma homogênea pelo condutor, o que não ocorre na realidade, devido ao efeito pelicular, criado pelo campo magnético gerado pela própria corrente elétrica que passa pelo condutor. Para condutores com diâmetros relativamente pequenos, a reatância indutiva e o efeito pelicular têm influência limitada e este método produz uma aproximação aceitável.

Fundamento do Método:

- A queda de tensão percentual pode ser expressa por:

$$\Delta V_{(\%)} = \frac{R \cdot I}{V} \cdot 100$$

- Para circuitos a dois condutores temos:

$$R = \frac{2 \cdot l}{\sigma \cdot S}$$

- Substituindo I e R na primeira equação, teremos:

$$\Delta V_{(\%)} = \frac{\frac{2 \cdot l}{\sigma \cdot S} \cdot \frac{P}{V}}{V} \cdot 100 = \frac{200 \cdot l \cdot P}{\sigma \cdot S \cdot V^2}$$

- Logo:

$$P \cdot l = \frac{\sigma \cdot S \cdot V^2 \cdot \Delta V_{(\%)}}{200}$$

Tabela 25: Seção pela somatória de (P_(w) x L_(m)) com a Tensão de Rede 110 volts

| Condutor série métrica (mm ²) S | % de queda de tensão | | | |
|---|----------------------|-----------|----------|----------|
| | 1% | 2% | 3% | 4% |
| | Σ (P(watts) x ℓ (m)) | | | |
| 1,5 | 5 263 | 10 526 | 15789 | 21052 |
| 2,5 | 8 773 | 17 546 | 26319 | 35092 |
| 4 | 14 036 | 28 072 | 42108 | 56144 |
| 6 | 21 054 | 42 108 | 63162 | 84216 |
| 10 | 35 090 | 70 100 | 105270 | 140360 |
| 16 | 56 144 | 112 288 | 168432 | 224576 |
| 25 | 87 725 | 175 450 | 263175 | 350900 |
| 35 | 122 815 | 245 630 | 368445 | 491260 |
| 50 | 175 450 | 350 900 | 526350 | 701800 |
| 70 | 245 630 | 491 260 | 736890 | 982520 |
| 95 | 333 355 | 666 710 | 1 000065 | 1 333420 |
| 120 | 421 080 | 842 160 | 1 263240 | 1 604320 |
| 150 | 526 350 | 1 052 700 | 1 579050 | 2 105400 |
| 185 | 649 165 | 1 298 330 | 1 947495 | 2 596660 |
| 240 | 842 160 | 1 684 320 | 2 526480 | 3 368640 |
| 300 | 1 052 700 | 2 105 400 | 3 158100 | 4 210800 |
| 400 | 1 403 600 | 2 807 200 | 4 210800 | 5 614400 |
| 500 | 1 754 500 | 3 509 000 | 5 263500 | 7 018000 |

Tabela 26: Seção pela somatória de $(P_{(w)} \times L_{(m)})$ com a Tensão de Rede 220 volts

| Condutor série métrica (mm ²) S | % de queda de tensão | | | |
|---|---|------------|------------|------------|
| | 1% | 2% | 3% | 4% |
| | $\Sigma (P(\text{watts}) \times \ell (\text{m}))$ | | | |
| 1,5 | 21 054 | 42 108 | 63 163 | 84 216 |
| 2,5 | 35 090 | 70 180 | 105 270 | 140 360 |
| 4 | 56 144 | 112 288 | 168 432 | 224 576 |
| 6 | 84 216 | 168 432 | 253 648 | 336 864 |
| 10 | 140 360 | 280 720 | 421 080 | 561 440 |
| 16 | 224 576 | 449 152 | 673 728 | 898 304 |
| 25 | 350 900 | 701 800 | 1 052 700 | 1 403 600 |
| 35 | 491 260 | 982 520 | 1 473 780 | 1 965 040 |
| 50 | 701 800 | 1 403 600 | 2 105 400 | 2 807 200 |
| 70 | 982 520 | 1 965 040 | 2 947 560 | 3 930 080 |
| 95 | 1 333 420 | 2 666 840 | 4 000 260 | 5 333 680 |
| 120 | 1 684 320 | 3 368 640 | 5 052 960 | 6 737 280 |
| 150 | 2 105 400 | 4 210 800 | 6 316 200 | 8 421 600 |
| 185 | 2 596 660 | 5 193 320 | 7 789 980 | 10 360 640 |
| 240 | 3 368 640 | 6 737 280 | 10 105 920 | 13 474 560 |
| 300 | 4 210 800 | 8 421 600 | 12 632 400 | 16 843 200 |
| 400 | 5 614 400 | 11 228 800 | 16 843 200 | 22 457 600 |
| 500 | 7 018 000 | 14 036 000 | 21 054 000 | 28 072 000 |

3.2.3.2.9 Dimensionamento de Eletrodutos

Para dimensionar corretamente os eletrodutos de uma instalação elétrica, é preciso determinar a taxa de ocupação do eletroduto, isto é o percentual máximo de área do eletroduto que pode ser ocupada pelos condutores. A taxa de ocupação varia entre 40% e 53%, e é determinada em função da quantidade de condutores que serão instalados. Quando são instalados 3 ou mais condutores no interior do eletroduto, a taxa utilizada é de 40%, portanto, essa é a taxa mais utilizada.

3.2.3.2.9.1 Dimensionamento de Eletroduto com a ajuda de uma Tabela

Para facilitar o dimensionamento, utiliza-se uma tabela, que a partir do número de condutores e a seção do maior condutor de cada trecho, fornece o tamanho nominal do eletroduto. Veja a seguir:

Tabela 27: Diâmetro do Eletroduto pelo Número de Condutores Internos.

| seção nominal (mm ²) | número de condutores no eletroduto | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| tamanho nominal do eletroduto (mm) | | | | | | | | | |
| 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 | 75 |
| 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 28: Medida do Diâmetro de Eletroduto em Polegada

| tamanho nominal | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|----|-------|-------|----|-------|----|
| (mm) | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 60 | 75 | 85 |
| (pol) | 3/8 | 1/2 | 3/4 | 1 | 1 1/4 | 1 1/2 | 2 | 2 1/2 | 3 |

Exemplo:

Qual o diâmetro do eletroduto que tem que comportar condutores fase e neutro de 1,5 mm² e duas fases e um terra de 4mm². Neste trecho de eletroduto passam cinco condutores e a seção do maior condutor é 4mm².

Consultando a a tabela vemos que o eletroduto indicado é de 20mm.

3.2.3.2.9.2 Dimensionamento de Eletroduto Calculando-se a Seção dos Condutores

Uma outra formas de dimensionamento dos eletrodutos segue o seguinte roteiro:

- determinar a seção dos condutores que irão passar no interior do eletroduto;
- determinar a seção total de cada condutor (considerando a camada de isolamento) na tabela A;
- efetuar a somatória das seções totais, obtida no item anterior;
- com o valor da somatória, determinar na tabela B ou C (na coluna 40% da área) o valor imediatamente superior ao valor da somatória e o respectivo diâmetro do eletroduto a ser utilizado;
- em uma instalação elétrica, o eletroduto deve ter um diâmetro mínimo de 20mm, estes eletrodutos não são cotados na planta.

Tabela 29: Diâmetro de Fios e Cabos (A), Diâmetro do Eletroduto de PVC (B) e Diâmetro do Eletroduto de Aço Galvanizado (C)

tabela A

| seção nominal (mm ²) | isolação PVC | |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| | diâmetro externo (mm) | área total (mm ²) |
| FIOS | | |
| 1,5 | 2,5 | 6,2 |
| 2,5 | 3,4 | 9,1 |
| 4 | 3,9 | 11,9 |
| 6 | 4,4 | 15,2 |
| 10 | 5,6 | 24,6 |
| CABOS | | |
| 1,5 | 3,0 | 7,1 |
| 2,5 | 3,7 | 10,7 |
| 4 | 4,2 | 13,8 |
| 6 | 4,8 | 18,1 |
| 10 | 5,9 | 27,3 |
| 16 | 6,9 | 37,4 |
| 25 | 8,5 | 56,7 |
| 35 | 9,5 | 71,0 |
| 50 | 11,5 | 104 |
| 70 | 13,5 | 133 |
| 95 | 15,0 | 177 |
| 120 | 16,5 | 214 |
| 150 | 18,5 | 269 |
| 185 | 20,5 | 330 |
| 240 | 23,5 | 434 |

tabela B - eletroduto de PVC rígido

| tamanho nominal diâmetro externo (mm) | ocupação máxima 40% da área (mm ²) |
|---------------------------------------|--|
| 16 | 52 |
| 20 | 85 |
| 25 | 143 |
| 32 | 238 |
| 40 | 410 |
| 50 | 539 |
| 60 | 876 |
| 75 | 1415 |
| 85 | 1990 |

tabela C - eletroduto de aço galvanizado

| tamanho nominal diâmetro externo (mm) | ocupação máxima 40% da área (mm ²) |
|---------------------------------------|--|
| 16 | 53 |
| 20 | 90 |
| 25 | 152 |
| 31 | 246 |
| 41 | 430 |
| 47 | 567 |
| 59 | 932 |
| 75 | 1525 |
| 88 | 2147 |

$$S = \sum_1^n \left(N \cdot \frac{(\pi \cdot D_n^2)}{4} \right) (\text{mm}^2)$$

Onde:

S é a seção total dos condutores no Eletroduto;

D é o diâmetro do maior condutor do circuito;

N o Número de condutores do circuito;

n é a quantidade de circuitos.

RECOMENDAÇÕES PARA A REPRESENTAÇÃO DA TUBULAÇÃO E DA FIAÇÃO

Uma vez concluída a locação dos pontos na planta baixa e identificados os circuitos terminais, o próximo passo consiste em interligar os mesmos, representando o sistema de tubulação e a fiação correspondente:

- 1) Local o Quadro de Distribuição (próximo ao centro de cargas, etc.);
- 2) A partir do Quadro de Distribuição iniciar o traçado dos eletrodutos, procurando os caminhos mais curtos e evitando o cruzamento de tubulações (levar em conta detalhes do projeto estrutural, hidro-sanitário, etc.);
- 3) Interligar inicialmente os pontos de luz (tubulações embutidas no teto), percorrendo e interligando todos os recintos;
- 4) Interligar os interruptores e tomadas aos pontos de luz de cada recinto (tubulações embutidas nas paredes);
- 5) Evitar que caixas embutidas no teto (octogonais 4"x4"x4" de fundo móvel, octogonais 3"x3"x2" fundo fixo) estejam interligadas a mais de 6 eletrodutos, e que as caixas retangulares 4"x4"x2" e 4"x2"x2" embutidas nas paredes se conectem com mais de 4 eletrodutos (ocupação, emendas);
- 6) Evitar que em cada trecho de eletroduto passe quantidade elevada de circuitos (limitar em max. 5), visando minimizar bitola de eletrodutos (comentar conseqüências estruturais) e de fios e cabos (comentar Fator de Correção de Agrupamento) -> principalmente na saída dos quadros, prever quantidade apropriada de saídas de eletrodutos em função do número de circuitos existentes no projeto;
- 7) Avaliar a possibilidade de utilizar tubulação embutida no piso para o atendimento de circuitos de tomadas baixas e médias;
- 8) Os diâmetros nominais das tubulações deverão ser indicados;
- 9) Concluído o traçado de tubulações, passar à representação da fiação, indicando o circuito ao qual pertence cada condutor e as seções nominais dos condutores, em mm².

3.2.3.2.10 Demanda de Energia de uma Instalação Elétrica

Observando o funcionamento de uma instalação elétrica residencial, comercial ou industrial, pode-se constatar que a potência elétrica consumida é variável a cada instante. Isto ocorre porque nem todas as cargas instaladas estão todas em funcionamento simultâneo. A potência total solicitada pela instalação da rede a cada instante será, portanto, função das cargas em operação e da potência elétrica absorvida por cada uma delas a cada instante (comentar refrigerador e motores em geral). -> Por isso, para realizar o dimensionamento dos condutores elétricos que alimentam os quadros de distribuição, os quadros terminais e seus respectivos dispositivos de proteção, não seria razoável nem técnica nem economicamente a consideração da demanda como sendo a soma de todas as potências instaladas.

Carga ou Potência Instalada: é a soma de todas as potências nominais de todos os aparelhos elétricos pertencentes a uma instalação ou sistema.

Demanda: é a potência elétrica realmente absorvida em um determinado instante por um aparelho ou por um sistema.

Demanda Média de um Consumidor ou Sistema: é a potência elétrica média absorvida durante um intervalo de tempo determinado (15min, 30min)

Demanda Máxima de um Consumidor ou Sistema: é a maior de todas as demandas ocorridas em um período de tempo determinado; representa a maior média de todas as demandas verificadas em um dado período (1 dia, 1 semana, 1 mês, 1 ano)

Potência de Alimentação, Potência de Demanda ou Provável Demanda: é a demanda máxima da instalação. **Este é o valor que será utilizado para o dimensionamento dos condutores alimentadores e dos respectivos dispositivos de proteção;** será utilizado também para classificar o tipo de consumidor e seu padrão de atendimento pela concessionária local

Fator de Demanda: é a razão entre a Demanda Máxima e a Potência Instalada $FD = D_{máx} / P_{inst}$

Exemplo do cálculo de demanda de um apartamento típico com as seguintes cargas:

| | |
|--------------------------------------|-------|
| • 10 lâmpadas incandescentes de 100W | 1000W |
| • lâmpadas incandescentes de 60W | 300W |
| • 1 TV de 100W | 100W |
| • 1 aparelho de som de 60W | 60W |
| • 1 refrigerador de 300W | 300W |
| • 1 ferro elétrico de 1000W | 1000W |
| • 1 lava-roupa de 600W | 600W |
| • 1 chuveiro elétrico de 3700W | 3700W |

TOTAL 7060W

Maior demanda possível = 7060W

Admitindo que as maiores solicitações sejam:

- Demanda diurna
 - Lâmpadas 200W
 - Aparelho de som 60W
 - Refrigerador 300W
 - Chuveiro elétrico 3700W
 - Lava-roupa 600W
 - **TOTAL 4860W**

- Demanda noturna
 - Lâmpadas 800W
 - TV 100W
 - Refrigerador 300W
 - Chuveiro elétrico 3700W
 - Ferro elétrico 1000W
 - **TOTAL 5900W**

Fatores de demanda

- Diurno -> $Fd = 4860 / 7060 = 0,69$ ou 69%
- Noturno -> $Fd = 5900 / 7060 = 0,84$ ou 84%

Curva diária de demanda

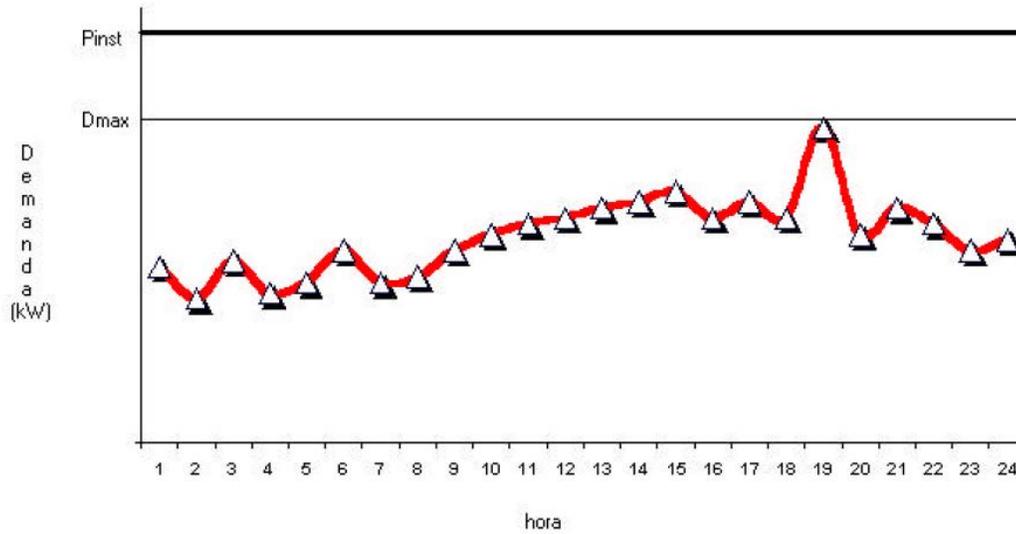


Gráfico 2 – Curva Diária de Demanda.

As diversas demandas de uma instalação variam conforme a utilização instantânea de energia elétrica, de onde se pode traçar uma curva diária de demanda:

- **Pinst** = valor fixo
- **Demanda** = varia a cada instante
- **Dmax** = valor máximo de demanda -> potência de alimentação, demanda total da instalação -> será **utilizado como base de cálculo para o dimensionamento da entrada de serviço da instalação.**

Os valores de demanda são influenciados por diversos fatores, dentre os quais a natureza da instalação (residencial, comercial, industrial, mista), o número de consumidores, a estação do ano, a região geográfica, a hora do dia, etc.

NOTA: A demanda deverá sempre ser expressa em termos de potência absorvida da rede (normalmente expressa em VA ou kVA). Deve-se estar sempre atento ao FATOR DE POTÊNCIA das cargas, observando a relação entre potência aparente (VA) e potência ativa (W). Assim:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \quad S^2 = P^2 + Q^2$$

Onde:

S = potência aparente (VA) P = potência ativa (W)
Q = potência reativa (VAR) $\cos \varphi$ = fator de potência

Em instalações de residências e apartamentos, a maioria das cargas (iluminação incandescente e aparelhos de aquecimento) são puramente resistivas. Nestes casos, podemos considerar $W = VA$, pois o fator de potência é igual à unidade.

3.2.3.2.10.1 Critérios para a determinação do fator de demanda para residências individuais

Provável demanda -> $P_D = (g_1 \cdot P_1) + (g_2 \cdot P_2)$

PD = provável demanda = potência de alimentação (em kW)

G_1 = fator de demanda (tabelado) para a soma de potências de Iluminação e TUGs

P_1 = soma das potências nominais de iluminação e TUGs (em kW)

G_2 = fator de demanda (tabelado) para a potência das TUEs

P_2 = soma das TUEs (em kW)

Tabela 30: Fatores de Demanda para Iluminação, Tomada TUG e tomada TUE

| Fatores de demanda para iluminação e pontos de tomadas de uso geral (PTUG's) | | n° de circuitos PTUE's | FD |
|--|------------------|------------------------|------|
| Potência (W) | Fator de demanda | | |
| 0 a 1000 | 0,86 | 01 | 1,00 |
| 1001 a 2000 | 0,75 | 02 | 1,00 |
| 2001 a 3000 | 0,66 | 03 | 0,84 |
| 3001 a 4000 | 0,59 | 04 | 0,76 |
| 4001 a 5000 | 0,52 | 05 | 0,70 |
| 5001 a 6000 | 0,45 | 06 | 0,65 |
| 6001 a 7000 | 0,40 | 07 | 0,60 |
| 7001 a 8000 | 0,35 | 08 | 0,57 |
| 8001 a 9000 | 0,31 | 09 | 0,54 |
| 9001 a 10000 | 0,27 | 10 | 0,52 |
| Acima de 10000 | 0,24 | 11 | 0,49 |
| | | 12 | 0,48 |
| | | 13 | 0,46 |
| | | 14 | 0,45 |
| | | 15 | 0,44 |
| | | 16 | 0,43 |
| | | 17 | 0,40 |
| | | 18 | 0,40 |
| | | 19 | 0,40 |
| | | 20 | 0,40 |
| | | 21 | 0,39 |
| | | 22 | 0,39 |
| | | 23 | 0,39 |
| | | 24 | 0,38 |
| | | 25 | 0,38 |

3.2.3.2.10.2 Demanda Total de um Edifício de Uso Coletivo

Em edifícios coletivos o cálculo de demanda, que resulta no **dimensionamento da Entrada de Serviço, transformador e proteção geral**, deve obedecer a critérios mais rigorosos do que em instalações residenciais unifamiliares, visto que as imprecisões entre demanda estimada e real se multiplicam no caso de edifícios de uso coletivo.

O cálculo da demanda de um edifício de uso coletivo é um processo de aproximação e é, portanto, limitado visto que se baseia em probabilidades e estatísticas locais. É fundamental que os componentes da entrada de serviço estejam corretamente dimensionados para poder acomodar a **Provável Demanda Máxima**.

O Cálculo da Demanda Total de um Edifício Residencial de Uso Coletivo (CODI – Comitê de Distribuição de Energia Elétrica):

- critérios definidos pelas concessionárias locais e que muitas vezes diferem de uma para outra, conduzindo a resultados diferentes para uma mesma instalação

- as recomendações da RTD 027-CODI (recomendação técnica de distribuição) são aplicáveis a edifícios residenciais, contendo de 4 a 300 apartamentos, independente da área útil ou padrão Demanda total do edifício :

$$D_{edif} = 1.20 (D_{aptos} + D_{condom})$$

D_{aptos} (Demanda dos apartamentos): é função do número de apartamentos e de sua área D_{aptos}

$$D_{aptos} = F_1 \times F_2$$

F_1 = fator de diversidade em função do número de apartamentos (tabelado): representa o fato de que as demandas máximas de cada unidade tomada individualmente ocorrem em instantes diferentes -> a demanda máxima de um conjunto de consumidores é menor do que a soma das demandas máximas de cada consumidor

F_2 = Fator de demanda em função da área útil do apartamento (tabelado): desconsiderar áreas de garagens e outras áreas comuns dos edifícios, algumas vezes incluídas como pertencentes aos apartamentos.

Para apartamentos com área útil > 400m²:

$$F_2 = 0.034939 \times A^{0.895075} \text{ sendo "A" a área útil em m}^2$$

D_{condom} (Demanda do condomínio): corresponde à soma de todas as cargas de iluminação, de tomadas e de motores instalados nas áreas do condomínio. Os seguintes critérios se aplicam:

- cargas de iluminação – 100% para os primeiros 10kW e 25% ao excedente
- cargas de tomadas – 20% da carga total
- motores - aplicam-se tabelas de demanda para motores mono e trifásicos

$$D_{condom} = I_1 + 0.25 \times I_2 + 0.20 \times T + M$$

I_1 = parcela da carga de iluminação do condomínio até 10kW

I_2 = parcela da carga de iluminação do condomínio acima de 10kW

T = carga total de tomadas do condomínio

M = demanda total de motores do condomínio (tabelas)

3.2.3.2.10.3 Demanda Individual de Unidades Consumidoras Não Residenciais

Apresentação de tabelas com os fatores de demanda específicos

3.2.3.2.10.4 Demanda de um Edifício com Unidades Consumidoras Residenciais e Comerciais

Em casos de edifícios que possuam unidades residenciais e comerciais o procedimento é o mesmo utilizado no caso de edifícios residenciais puros, acrescido da parcela referente à demanda das unidades comerciais. A demanda total do edifício pode ser determinada por:

$$D_{edif} = 1.20 \times (D_{aptos} + D_{condom} + D_{un.comerc})$$

3.2.3.2.11 Dispositivos de Proteção

Segundo a NBR 5410/04 "os condutores devem ser protegidos por um ou mais dispositivos de seccionamento automático contra sobrecargas e curto-circuitos". Após dimensionar os condutores dos circuitos e os eletrodutos, faz-se necessário determinar a proteção dos circuitos devido à probabilidade de ocorrerem sobrecorrentes e curtos circuitos. Os dispositivos de proteção de circuitos são os fusíveis e os disjuntores.

O dispositivo mais utilizado atualmente nas instalações elétricas residenciais são os disjuntores termomagnéticos (DIM), e esse modelo será utilizado como referencia para o dimensionamento.

3.2.3.2.11.1 Dimensionamento do Dispositivo de Proteção

É muito simples dimensionar o correto disjuntor que irá proteger um circuito. Segundo a NBR 5410/04, basta respeitar a equação: $I_B \leq I_N \leq I_Z$, onde I_B é a corrente de projeto do circuito; I_N é a corrente nominal do disjuntor e I_Z é a capacidade de condução de corrente do condutor. Isso significa que a

corrente do disjuntor tem que ser maior ou igual à corrente corrigida e ao mesmo tempo, ser menor ou igual à capacidade de condução de corrente do condutor.

Tabela 31: Apresentação de Dados de Dimensionamento dos Circuitos.

| Circuito Nº | Tipo | Tensão (V) | Potência (VA) ou (W) | Corrente de projeto (I _B) (A) | Fator de Agrupamento (f) | Corrente Corrigida (I _C) (A) | Seção dos Condutores (mm ²) | Disjuntor | |
|----------------|------|---------------|----------------------------|--|--------------------------------|--|---|-----------|----------------------------|
| | | | | | | | | fases | Corrente nominal (A) |
| 1 | ILUM | 127 | 200 | 1,57 | 0,80 | 1,96 | 1,5 | 1 | |
| 2 | TUG | 127 | 300 | 2,36 | 1,00 | 2,36 | 2,5 | 1 | |
| 3 | TUE | 220 | 4400 | 20 | 0,80 | 25 | 4 | 2 | |

Quando é necessário aplicar os fatores de correções, FCT e FCA, obteremos a corrente de projeto corrigida (I_{BC}), o qual define que a corrente nominal do dispositivo de proteção (I_N) não pode ser menor que a corrente de projeto corrigida, portanto na pior hipótese I_N=I_{BC}. Por isto substituímos na equação $I_B \leq I_N \leq I_Z$ o I_N pelo valor calculado de I_{BC}.

Tomando como base a tabela acima, percebe-se que o disjuntor a ser escolhido deverá ter uma corrente superior ou igual a 1,57A (I_B) e menor ou igual a 15,5 (I_Z) e levar em consideração que: I_N = I_{BC}. Montando a equação: $1,57 \leq 1,69 \leq 15,5$. Nesse caso, pode-se especificar um disjuntor de 10A ou 15A, porém sempre se deve dar uma folga ao circuito para proteger melhor os condutores, por isso, determina-se o uso de um disjuntor de 15A. No circuito 2: $2,36 \leq 2,36 \leq 21$, o disjuntor será o de 20A. No circuito 3: $20 \leq 25 \leq 28$, o disjuntor será o de 25A, pois não são fabricados disjuntores de 26A, 27A ou 28A. O valor de I_N deve ser adequado a um valor mais próximo comercial e assim verificar se a equação $I_B \leq I_N \leq I_Z$ ainda é válida. Caso I_Z fique menor que I_N, deve-se migrar para o condutor maior mais próximo, consultar tabela 16.

3.2.3.2.11.2 Dispositivo de proteção da Entrada de Serviço

A tabela a seguir é utilizada para a definição do dispositivo de proteção, condutor e o eletroduto da Entrada de Serviço da unidade consumidora. As informações da tabela podem variar conforme a Concessionária de energia local.

Tabela 32: Informações da Concessionária sobre as Condições do Fornecimento de Energia Condutores, Proteção e Eletrodutos das Unidades Consumidoras (380/220 V)

| Tensão de Fornecimento | Tipo de Fornecimento | Potência Total Instalada (kW) | Número de | | Proteção Geral Disjuntor (A) | CONDUTORES | | Eletroduto do QM ao CD PVC Rígido | |
|------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------|------|------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| | | | Fases | Fios | | Barramento ao CD da Unidade Consumidora | Condutor de Proteção (Aterramento) | Tamanho Nominal | Rosca (pol) |
| | | | | | | | | | |
| 380 V / 220 V | A1 | ATÉ 6 | 1 | 2 | 30 | 6 | 6 | 25 | 3/4 |
| | A2 | ACIMA DE 6 ATÉ 8 | 1 | 2 | 40 | 10 | 10 | 25 | 3/4 |
| | A3 | ACIMA DE 8 ATÉ 11 | 1 | 2 | 50 | 10 | 10 | 25 | 3/4 |
| | A4 | ACIMA DE 11 ATÉ 13 | 1 | 2 | 60 | 16 | 16 | 25 | 3/4 |
| | A5 | ACIMA DE 13 ATÉ 15 | 1 | 2 | 70 | 16 | 16 | 25 | 3/4 |
| | B1 | ACIMA DE 15 ATÉ 22 | 2 | 3 | 50 | 10 | 10 | 32 | 1 |
| | C1 | ATÉ 22 | 3 | 4 | 30 | 6 | 6 | 32 | 1 |
| | C2 | ACIMA DE 22 ATÉ 30 | 3 | 4 | 40 | 10 | 10 | 32 | 1 |
| | C3 | ACIMA DE 30 ATÉ 35 | 3 | 4 | 50 | 10 | 10 | 32 | 1 |
| | C4 | ACIMA DE 35 ATÉ 40 | 3 | 4 | 60 | 16 | 16 | 40 | 1 1/4 |
| C5 | ACIMA DE 40 ATÉ 50 | 3 | 4 | 70 | 25 | 16 | 40 | 1 1/4 | |

NOTAS :

- OS ELETRODUTOS DE PVC FORAM DIMENSIONADOS DE ACORDO COMA NORMA NBR - 6150 DA ABNT.
- OS VALORES INDICADOS NA TABELA SÃO OS MÍNIMOS ADMISSÍVEIS PARA ELETRODUTOS E SEÇÃO DOS CONDUTORES.

3.2.3.2.12 Quadro Geral de Força e Luz

O quadro de distribuição, também chamado de quadro de luz ou quadro geral de força e luz, é o centro de distribuição da instalação elétrica, pôr que recebe os condutores que vêm do medidor, contém os dispositivos de proteção (disjuntores); distribui os circuitos terminais que farão a alimentação de toda a instalação.

O quadro de distribuição deverá:

- conter um dispositivo de proteção Diferencial Residual contra choques elétricos;
- ser instalado em lugar de fácil acesso, com proteção adequada às influências externas e o mais próximo possível do centro de cargas da residência (local onde haja maior concentração de cargas de potências elevadas: cozinha, área de serviço, banheiro, etc.);
- possuir identificação dos circuitos.
- possuir uma reserva para ampliações futuras, compatível com a quantidade e tipo de circuitos previstos inicialmente.



Figura 3.20 – Ilustração de um Quadro de Distribuição.

De acordo com a NBR5410/04, esta previsão de reserva deverá obedecer aos seguintes critérios:

Tabela 33: Número de Circuitos no Quadro de Distribuição

| Número de circuitos na previsão original | Circuitos reserva (mínimo) |
|--|----------------------------|
| Até 6 | 2 |
| 7 a 12 | 3 |
| 13 a 30 | 4 |
| Acima de 30 | Mínimo de 15% |

3.2.3.2.13 Exercícios

1. Considerando a planta da página 40, e com conhecimento de como dividir e dimensionar os circuitos presente uma sugestão para alterar/corrigir o projeto apresentado.
2. Dimensionar corretamente a corrente corrigida, os condutores, disjuntores e quadros de luz para os projetos apresentados nas paginas 41 e 42.

3.3 Dispositivos de Proteção

Apesar do dimensionamento ter sido feito utilizando os disjuntores DTM (termomagnético), faz-se necessário explanar um pouco mais sobre os tipos de dispositivos de proteção dos circuitos elétricos existentes:

- interruptores de corrente de fuga;
- disjuntores;

3.3.1 Dispositivo Diferencial Residual (DR)

A partir de dez/1997, é obrigatório, em todas as instalações elétricas de baixa tensão no Brasil, o uso do chamado dispositivo DR (diferencial residual) nos circuitos elétricos que atendam aos seguintes locais: banheiros, cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço e áreas externas.

Esse dispositivo protege contra choques elétricos e incêndios, desligando o circuito elétrico caso ocorra uma fuga de corrente que poderia colocar em risco a vida de pessoas e animais domésticos e a própria instalação elétrica, portanto é um interruptor de corrente de fuga.

O interruptor de corrente de fuga é constituído por um transformador de corrente, um disparador e um mecanismo liga-desliga, e é acionado pela comparação da corrente de entrada com a de saída, chamada de “corrente diferencial Residual “ (IDR).



Figura 3.21 – Ilustração de Dispositivo de Proteção IDR.

A situação ideal é a de que $IDR = 0$, no entanto na realidade $IDR \neq 0$ (correntes naturais de fuga)

Atuação: $IDR = IDn$ (corrente diferencial residual nominal de atuação) (Figura 6)

Tipos de disjuntores ou interruptores DR:

- alta sensibilidade: $< 30\text{mA}$
- baixa sensibilidade: $> 30\text{mA}$
- 500mA – só protegem contra risco de incêndio, não oferecendo proteção contra riscos pessoais.



Figura 3.22 – Ilustração de Dispositivo de Proteção DDR.

Deve-se ligar de modo que todos os condutores do circuito, inclusive o neutro, passem pelo interruptor DR, só assim é possível comparar as correntes de entrada e de saída e desligar a alimentação do circuito em caso de fuga de corrente. O uso do disjuntor DR não substitui o uso das proteções contra sobrecorrentes (DISJUNTORES) e nem libera a instalação de necessidade de aterramento.

3.3.1.1 Principais Aplicações

- falha em aparelhos elétricos (eletrodomésticos);
- falha na isolação de condutores;
- circuitos de tomadas em geral;
- laboratórios, oficinas, áreas externas;
- proteção contra riscos de incêndios de origem elétrica;
- canteiros de obra.

3.3.2 Disjuntores

Disjuntores são dispositivos de manobra e proteção com capacidade de ligação e interrupção de corrente quando surgem no circuito condições anormais de trabalho, como curto-circuito ou sobrecarga.

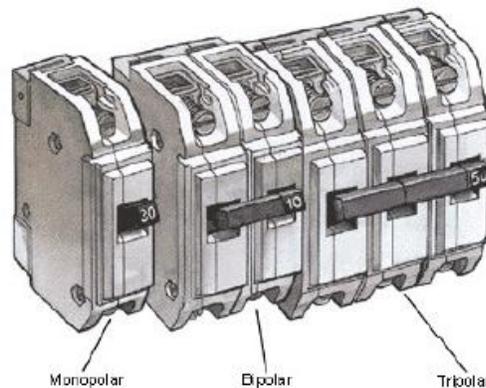


Figura 3.23 – Ilustração de um Dispositivo de Proteção DTM.

O disjuntor é composto das seguintes partes:

- caixa moldada feita de material
- isolante na qual são montados os componentes;
- alavanca (interruptor) por meio da qual se liga ou desliga manualmente o disjuntor;
- mecanismo de disparo que desliga automaticamente o disjuntor em caso de anormalidade no circuito;
- relê bimetalico que aciona o mecanismo de disparo quando há sobrecarga de longa duração;
- relê eletromagnético que aciona o mecanismo de disparo quando há um curto-circuito.

O disjuntor funciona como um interruptor. Como o relê bimetalico e o relê eletromagnético são ligados em série dentro do disjuntor, ao ser acionada a alavanca ligadesliga, fecha-se o circuito que é travado pelo mecanismo de disparo e a corrente circula pelos dois relês. (ligado). Havendo uma sobrecarga de longa duração no circuito, o relê bimetalico atua sobre o mecanismo de disparo abrindo o circuito.

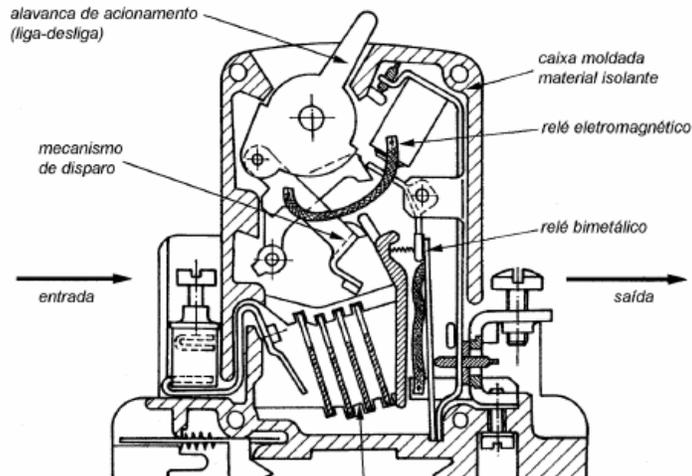


Figura 3.24 – Ilustração Interna de um Dispositivo de Proteção DTM.

Da mesma forma, se houver um curto-circuito, o relê eletromagnético é que atua sobre o mecanismo de disparo abrindo o circuito instantaneamente. (desligado)

Quando ocorrer o desarme do disjuntor, basta acionar a alavanca de acionamento para que o dispositivo volte a operar, não sendo necessária sua substituição como ocorre com os fusíveis, no entanto, convém corrigir o problema que causou a queda do disjuntor, se não o mesmo voltará a desligar. Os disjuntores podem ser unipolar, bipolar e tripolar.

3.3.2.1 Principais Características Técnicas

- **Corrente nominal (I_n):** valor eficaz da corrente de regime contínuo que o disjuntor deve conduzir indefinidamente, sem elevação de temperatura acima dos valores especificados.
- **Corrente convencional de não atuação (I_{na}):** valor especificado de corrente que pode ser suportado pelo disjuntor durante um tempo especificado.
- **Temperatura de calibração:** temperatura na qual o disparador térmico é calibrado. Normalmente são utilizadas as temperaturas de 20, 30 ou 40°C.
- **Tensão nominal (U_n):** valor eficaz da tensão pelo qual o disjuntor é designado e no qual são referidos outros valores nominais. Esse valor deve ser igual ou superior ao valor máximo da tensão do circuito no qual o disjuntor será instalado.
- **Capacidade de interrupção (I_{cn}):** valor máximo que o disjuntor deve interromper sob determinadas condições de emprego. Esse valor deverá ser igual ou superior à corrente presumida de curto-circuito no ponto de instalação do disjuntor.
- **Curvas de disparo:** as curvas de disparo correspondem à característica de atuação do disparador magnético, enquanto que a do disparador térmico permanece a mesma.



3.4 Bibliografia

MÁXIMO, Antonio e ALVARENGA, Beatriz – Curso de Física vol 3 – Editora Scipione – SP- 1997

CREDER, Hélio – Instalações Elétricas – 13º Ed. – Rio de Janeiro LTC 1999

LIMA Fº, Domingos Leite -Projeto de Instalações Elétricas Prediais-6º Ed. Érika

BERTONCEL, Andréa B. Apostila de Instalações Elétricas Prediais, 2008.

Sites:

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

<http://www.aneel.gov.br/>

<http://www.ons.com.br/home/>

Recomendo aos alunos:

<http://www.instalacoeselétricas.com/>

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

<http://www.aureside.org.br/>

www.luz.philips.com ou telefone 0800.9791925 e (11) 2125.0635

www.legrand.com.br ou telefone 0800 -11 – 8008

http://www.osram.com.br/download_center/index.html