

4. DIAGRAMA UNIFILAR

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O diagrama unifilar é um desenho que utilizando simbologia específica, representa graficamente uma instalação elétrica, indicando, sobre a planta arquitetônica:

- os pontos de luz e as tomadas;
- a posição dos eletrodutos;
- a localização dos quadros de distribuição;
- a divisão dos circuitos;
- o número e a caracterização dos condutores dentro dos eletrodutos.

Tanto aspectos do circuito elétrico como do caminhamento físico da instalação são contemplados no diagrama unifilar.

4.2 CIRCUITO ELÉTRICO

Quanto ao circuito elétrico, o diagrama unifilar deve indicar para cada carga (ponto de luz, tomada, ou aparelho específico), os correspondentes elementos básicos:

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

Para ilustrar esse conceitos, considera-se uma fonte (fase e neutro) e uma lâmpada, que deve ser comandada por um interruptor, conforme mostrado na figura 4.1.

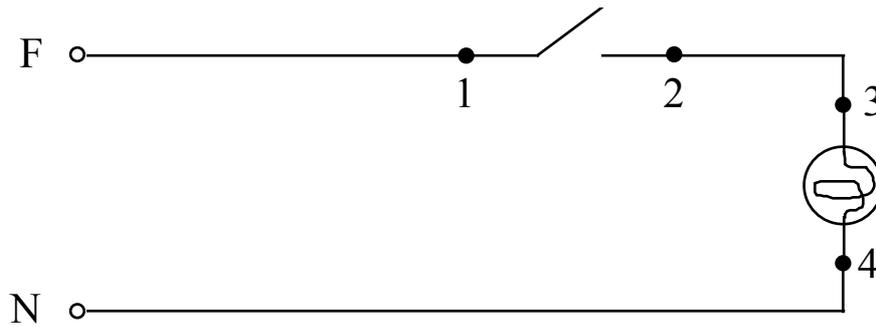


Figura 4.1- Circuito Elétrico

Nota-se que, embora a primeira vista o interruptor (1-2) poderia inserir-se no trecho do circuito Fase/Lâmpada (entre os pontos F e 3) ou no circuito Neutro/Lâmpada (entre os pontos N e 4), é obrigatório, por norma, inseri-lo no trecho que contém a fase (F). Isto ocorre para que se garanta maior segurança na manutenção da luminária, mantendo-a com o potencial do neutro, quando o interruptor estiver aberto. Caso se interrompesse o neutro, o potencial da lâmpada seria sempre igual ao da fase, o que não é conveniente.

Há uma nomenclatura própria para os três condutores que constituem os três trechos do circuito:

- O condutor do trecho F/1, é designado por condutor FASE ou simplesmente FASE e está sempre no potencial da fase (110V, 115V, 127V ou 220V);
- O condutor do trecho N/4, é designado por condutor NEUTRO ou simplesmente NEUTRO, e está no potencial do neutro quando a lâmpada está desligada e muito próximo dele quando a lâmpada esta energizada.
- O condutor do trecho 2/3, é designado por retorno e ora está no potencial do neutro quando a lâmpada esta desligada, ora está no potencial da fase quando a lâmpada estiver acesa.

Nota-se que podem ocorrer situações particulares em que circuitos são alimentados por duas fases, ao invés de uma fase e um neutro. Neste caso, esses dois trechos são designados por fase, e necessariamente há a interrupção de uma fase pelo interruptor.

4.3 CIRCUITO FÍSICO

Fisicamente a fonte é um quadro de distribuição, a lâmpada está no teto de um certo ambiente, o interruptor deve ser localizado em uma parede desse ambiente e os condutores devem ser fixados em eletrodutos na parede e teto. O problema que se coloca é: como isso é feito e como se representa de maneira prática e objetiva? A figura 4.2 apresenta essa situação e uma solução para o problema, através da utilização de eletrodutos e caixas.

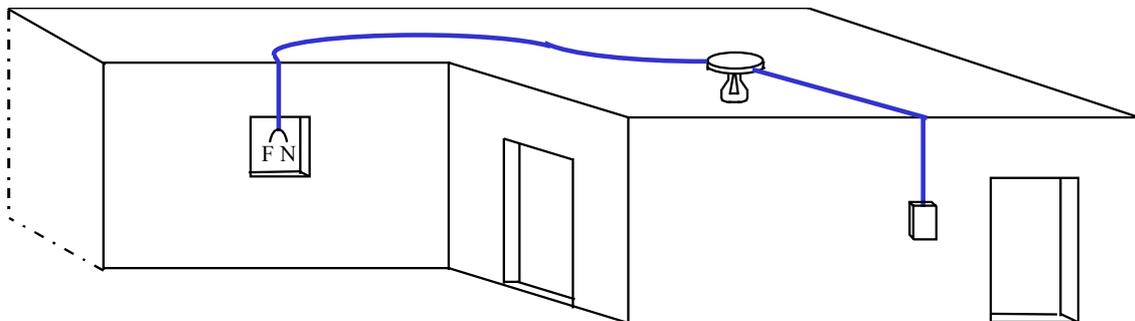


Figura 4.2- Circuito físico

Os condutores são acondicionados em eletrodutos, cujo caminhamento respeita condicionantes físicos e econômicos.

O traçado dos eletrodutos deve ser estudado de forma a minimizar as quantidades de material empregado, evitando-se interferências com outras instalações prediais e elementos estruturais da edificação. Deve-se também atentar aos problemas de execução e de manutenção futuras, por exemplo evitando-se o excesso de eletrodutos e condutores em caixa de passagem, reduzindo os cruzamentos de condutores no interior de paredes e lajes, e posicionando as caixas em lugares de fácil acesso.

Em capítulo específico, esta apostila trata de recomendações e diretrizes que devem ser respeitadas na fase de execução dessas instalações.

4.4 SIMBOLOGIA

Todos os elementos que compõem o diagrama unifilar de uma instalação elétrica são representados por simbologias específicas, determinadas pelas Normas Brasileiras. Além dessa simbologia existem outras que, embora não sejam padronizadas por norma, têm uso corrente. A tabela 4.1 apresenta as principais simbologias utilizadas.

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

Tabela 4.1 - Simbologia

Particularmente, o circuito tratado no item anterior poderia ser representado pelo diagrama unifilar da figura 4.3.

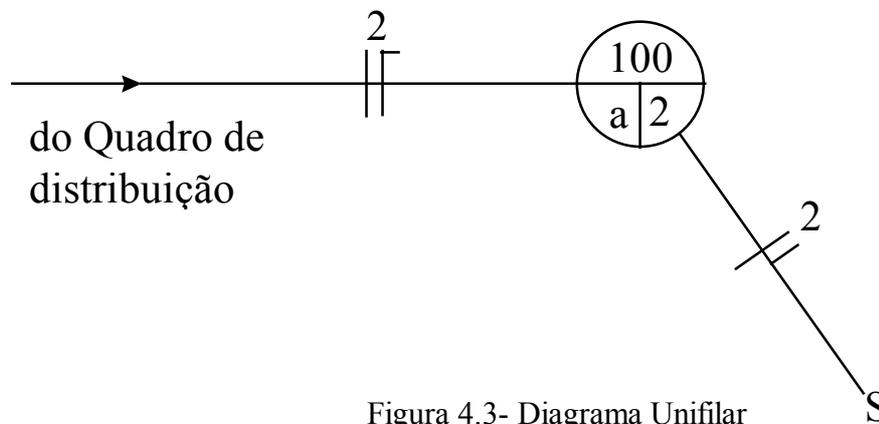


Figura 4.3- Diagrama Unifilar

A caracterização do diagrama unifilar no âmbito do projeto consiste em representar o diagrama da figura 4.3 sobre a planta do projeto arquitetônico, como mostra a figura 4.4.

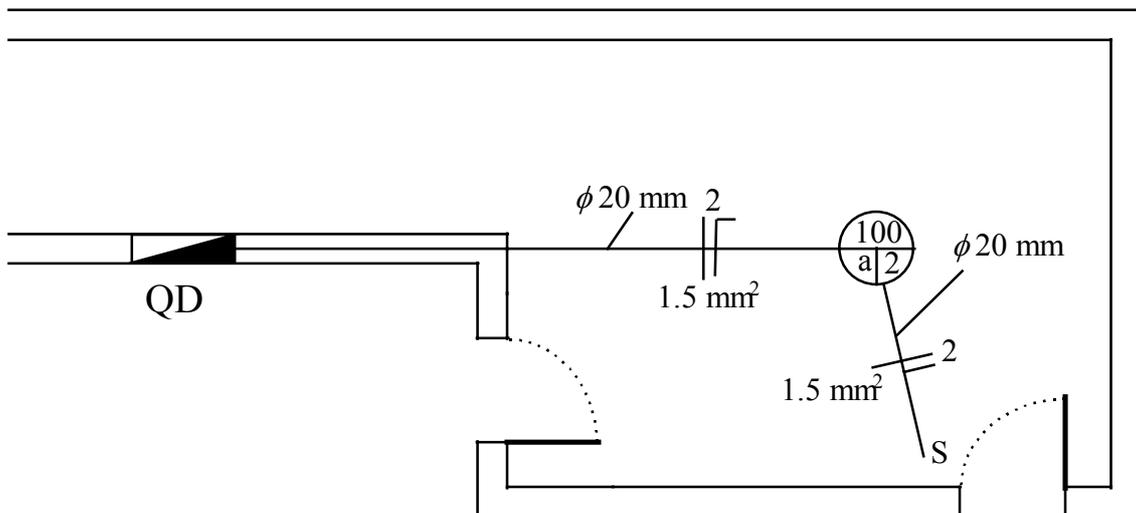


Figura 4.4 -Diagrama unifilar sobre planta

4.5 TIPOS DE COMANDO

Em uma instalação elétrica predial há vários tipos de comandos que controlam os pontos de luz, destacando-se:

- comando simples;
- comando de vários pontos de luz de um só ponto;
- comando de um ponto (ou mais pontos) de luz por 2 pontos;
- comando de um (ou mais pontos) de luz por mais de 2 pontos,

os quais passam a ser descritos a seguir, supondo-se que a fonte é constituída por uma fase e neutro:

a) Comando Simples

É o comando mais utilizado, sendo composto por um interruptor simples que comanda um ponto de luz. O circuito e o diagrama unifilar correspondente são apresentados na figura 4.5.

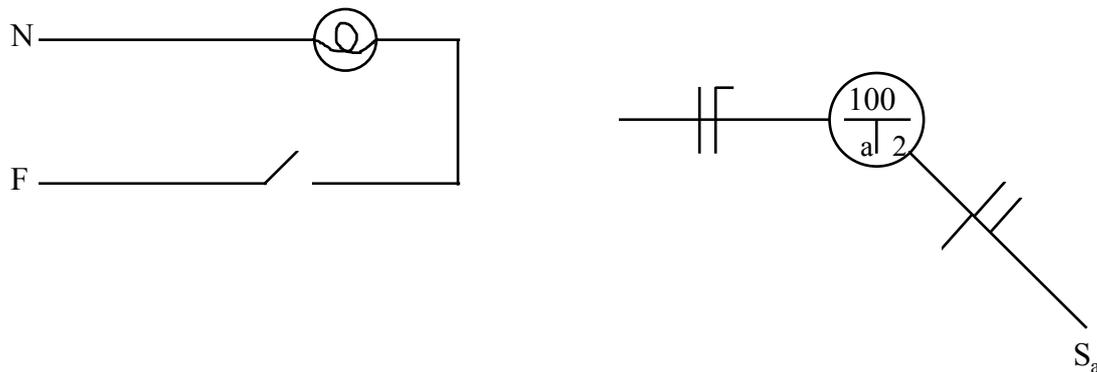


Figura 4.5 - Comando simples

b) Comando de Vários Pontos de Luz por um só Ponto

Empregam-se chaves interruptoras duplas ou triplas, inseridas em circuitos análogos aos do item (a). A figura 4.6 apresenta, a título ilustrativo, 3 pontos de luz de um salão comandados por apenas um ponto.

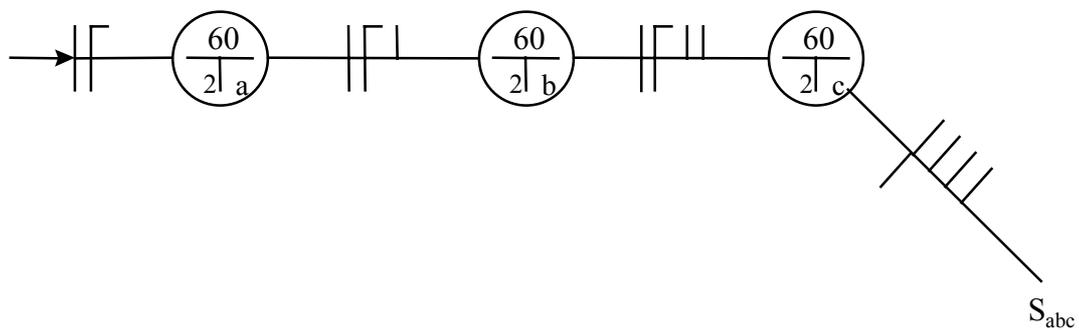
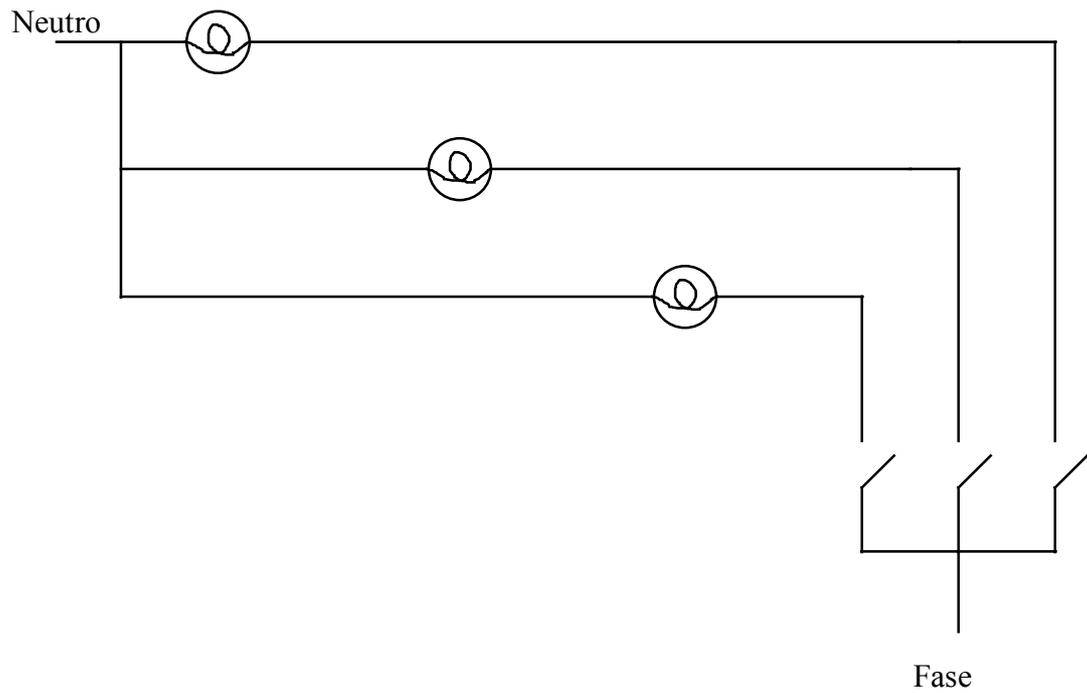


Figura 4.6 - Comando de vários pontos de luz por um só ponto

c) Comando de Um Ponto de Luz a partir de Dois Pontos

Este tipo de aplicação utiliza os interruptores “paralelos”, conforme ilustrado no circuito elétrico da figura 4.7.

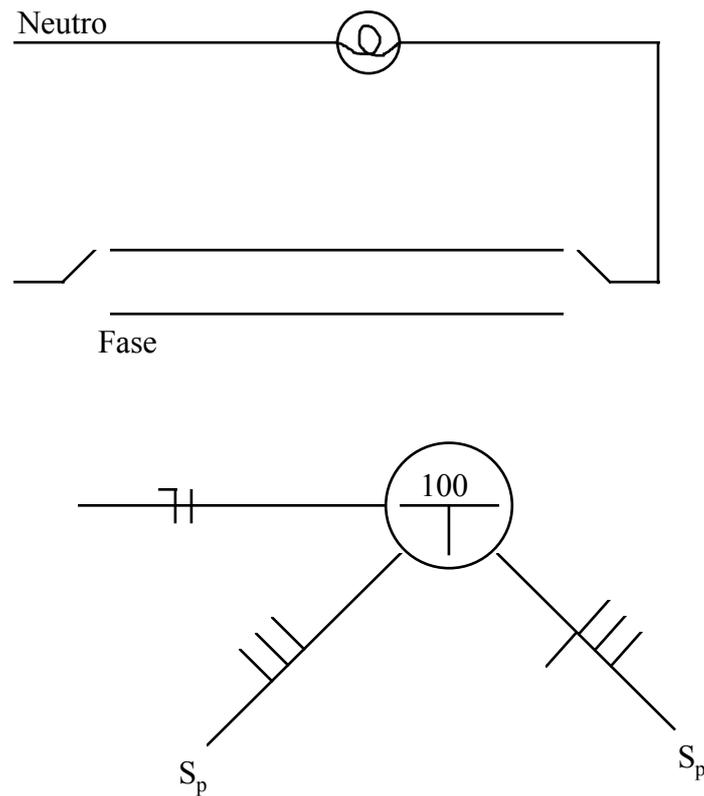


Figura 4.7 - Comando Paralelo

Note que o circuito da figura 4.8, apesar de funcionar, não deve ser utilizado, uma vez que não respeita a norma, pois em certos estados dos interruptores, a lâmpada permanece desligada submetida à tensão de fase. Além disso, a diferença de potencial nos terminais do interruptor, em determinadas situações, é igual à d.d.p. fase/neutro, transgredindo as suas especificações.

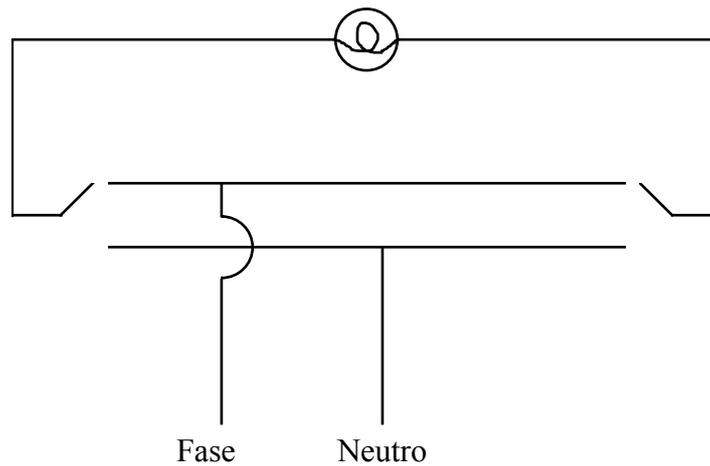


Figura 4.8 - Comando paralelo com ligação errada

d) Comando com Um (ou mais) Pontos de Luz por 3 ou mais Pontos

A utilização conjugada de interruptores “two ways” e paralelos permite o comando de um ponto de luz por 3 ou mais pontos, conforme mostra a figura 4.9. Note que a medida que se insere mais um interruptor “two ways” nos circuitos dos retornos, obtém-se mais um ponto de comando.

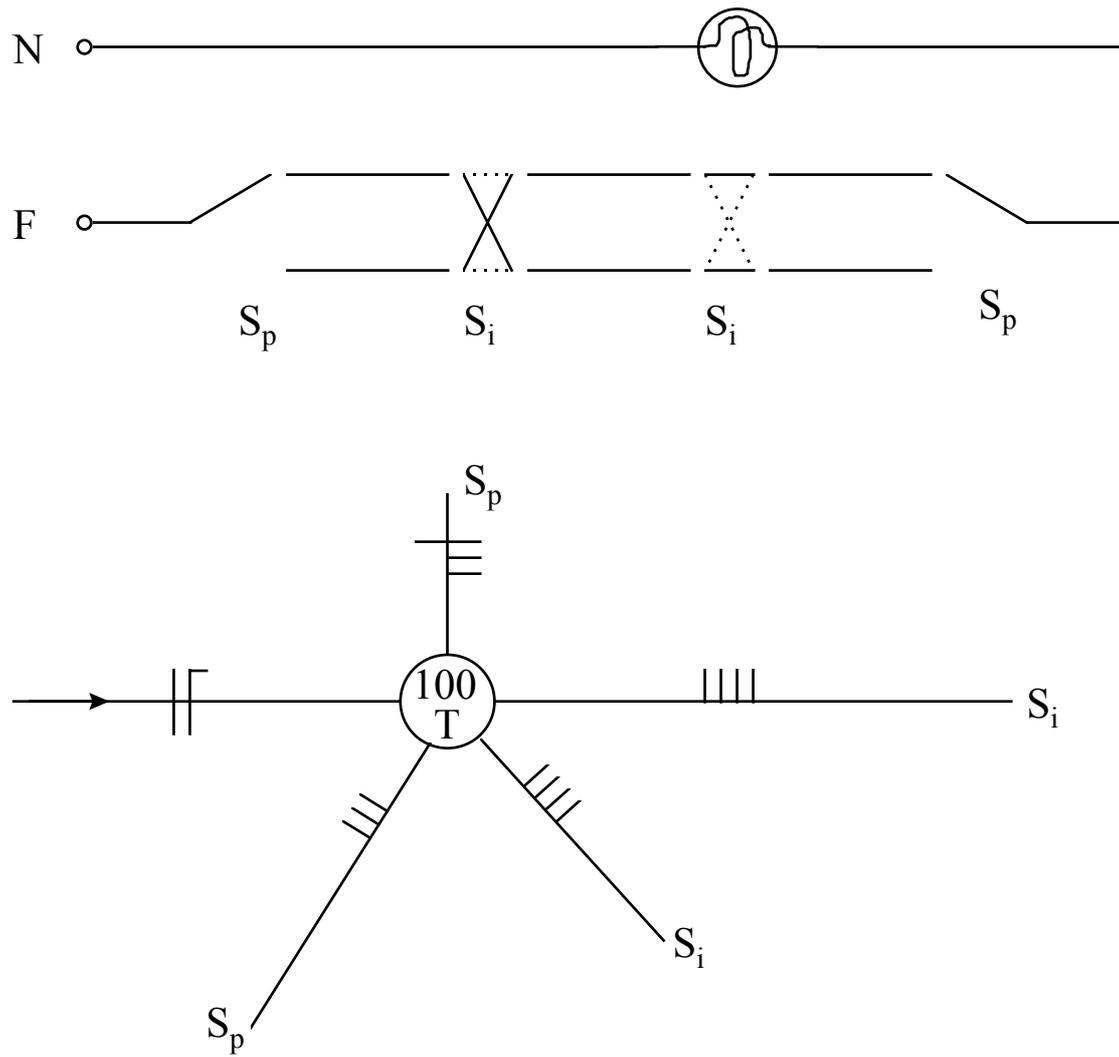


Figura 4.9 - Comando por mais de 2 pontos

5. PROJETO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS

5.1 NORMAS E SÍMBOLOS

A norma que rege as instalações elétricas de baixa tensão, inclusive no aspecto dos projetos, é a NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão. As recomendações para níveis de iluminação mínimos constam da NBR 5413 - Iluminação de Interiores.

A simbologia empregada nos desenhos é a padronizada pelas normas ABNT (NBR 5446, NBR 5553), sendo entretanto bastante difundido o uso de outros símbolos.

5.2 COMPOSIÇÃO DE UM PROJETO

Um projeto de instalações elétricas é composto dos seguintes documentos:

a) Desenhos

Conjunto de plantas, esquemas e detalhes, contendo as indicações necessárias para a compreensão geral do projeto, bem como a identificação, localização e interconexão de todos os materiais e equipamentos elétricos.

A escala usualmente utilizada nos desenhos de planta baixa é de 1:50, e de 1:25 para os detalhes de instalação.

Os esquemas elétricos e desenhos de prumadas não são, usualmente, realizados em escala.

É comum se utilizar o próprio desenho arquitetônico como matriz para as plantas das instalações elétricas, contendo, porém, apenas as informações estritamente necessárias (alvenarias, portas, caixilhos e pilares).

É interessante se dispor de um jogo de plantas dos desenhos de formas e armações para consulta.

b) Memorial Descritivo

Apresenta uma visão sucinta dos sistemas projetados, visando complementar os desenhos ou facilitar a sua compreensão.

Deve incluir os critérios básicos e normas que nortearam a sua concepção e justificativa de soluções adotadas.

c) Memória de Cálculo

Resumo de todos os cálculos efetuados como os de iluminação, cargas instaladas, demandas e correntes, quedas de tensão e curto circuito.

d) Especificações Técnicas dos Materiais

Descrição dos materiais a serem empregados, fixando-se os requisitos mínimos quanto ao seu desempenho, qualidade da matéria prima, processo de fabricação, acabamento, testes e ensaios.

e) Especificações Técnicas dos Serviços

Instruções referentes à montagem das instalações, fixando as condições gerais para a execução da obra e os cuidados necessários para a aplicação dos materiais e equipamentos, além de recomendações sobre a sequência dos serviços.

f) Quantificação de Materiais e Orçamento

Lista dos materiais com as respectivas quantidades previstas, mão de obra e preço estimado.

No levantamento dos materiais devem ser previstas folgas nas quantidades de materiais a serem utilizados, tais como:

- fios e cabos 10%
- eletrodutos 5%
- buchas e arruelas 3%
- curvas 3%

As unidades adotadas para a relação de materiais são:

- eletrodutos..... barras de 3 metros
- fios..... rolos de 100 metros
- cabos..... metros
- demais materiais..... peças

São utilizados formulários que apresentem no mínimo as seguintes informações:

ITE M	DESCRIÇÃO	UNIDAD E	QUANTIDAD E
1	Fio isolado em PVC 2.5 mm²	Rolo	10
2	Cabo tipo Sintenax	M	280
3	Eletroduto esmaltado com diâmetro 21mm	Barra	08
4	Curva esmaltada 120 graus, diâmetro 21mm	Peças	06

A obtenção do orçamento decorre da lista de materiais, acrescida de algumas colunas que indicam o preço unitário referente ao material, a mão de obra, para instalação e montagem além do preço total correspondente a cada um dos itens presentes, como mostra a tabela abaixo.

ITE M	DESCRIÇÃO	UNIDAD E	QUAN T.	CUSTO (R\$)			
				Unitário			Total
				Mat.	M.O.	Total	
1	Fio isolado de PVC 2.5mm²	Rolo	10	20,00	15,80	35,80	358,00

Em projetos simples, a documentação escrita pode ser resumida, emitindo-se apenas memorial que contenha informações sobre os cálculos, materiais e serviços necessários.

5.3 ETAPAS DO PROJETO

As atividades técnicas relativas a confecção de um projeto de instalações elétricas, podem ser divididas nas seguintes etapas principais, que serão descritas nos itens subsequentes:

- locação dos pontos de consumo
- traçado e diagrama unifilar
- cálculo das correntes
- dimensionamento dos condutores
- definição da proteção e do aterramento
- elaboração dos desenhos e demais documentos

O adequado desenvolvimento dessas atividades requer que haja uma estreita interação entre o projetista e o cliente, através do estabelecimento e análise de:

- Critérios Básicos

Reuniões nas quais o projetista e o cliente consolidam as definições de carácter geral, como por exemplo: tipo de iluminação e dos condutos e a maneira em que serão instalados, forma de alimentação, pontos de consumo e cargas a serem previstas, etc.

- Anteprojeto

Versão preliminar das plantas, contendo a marcação dos pontos e o traçado dos eletrodutos, contendo ainda um memorial resumido com a conceituação geral dos sistemas

- Projeto Básico

Apreciação das plantas, esquemas e documentações complexas, por parte do cliente, com objetivo de sua aprovação final.

- Projeto Executivo

Projeto básico acrescido dos desenhos de detalhes que esclarecem aspectos de instalação e possibilitam a integração da instalação elétrica com os demais sistemas, compatibilizando as interferências.

6. LOCAÇÃO DOS 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.

6.1 PONTOS DE LUZ

Os pontos de luz devem ser locados com base no projeto luminotécnico do ambiente. No caso de instalações simples, onde o número de luminárias é reduzido, o projeto de luminotécnica pode ser dispensado, valendo-se apenas da experiência do projetista e do arquiteto.

Entretanto para a determinação das cargas de iluminação em unidades residenciais pode ser adotado o seguinte critério:

- em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6m^2 deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
- em cômodos ou dependências com área superior a 6m^2 deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6m^2 , acrescida de 60 VA para cada aumento de 4m^2 inteiros.

6.2 TOMADAS

As tomadas denominadas específicas são aquelas destinadas ao suprimento de aparelhos determinados, geralmente não portáteis, tais como: chuveiros, geladeiras, condicionadores de ar, etc. As demais tomadas, destinadas a ligação dos demais aparelhos, são denominadas de uso geral.

As tomadas devem ser previstas nas seguintes quantidades mínimas, conforme o local, nas instalações residenciais:

Nas unidades residenciais e acomodações de hotéis, motéis e similares, o número de tomadas de corrente para uso não específico (tomadas de uso geral) deve ser fixado de acordo com o critério seguinte:

- em banheiros, pelo menos uma tomada junto ao lavatório;
- em cozinhas, copas e copas-cozinhas, no mínimo uma tomada para cada 3,5 m, ou fração de perímetro, sendo que acima de cada bancada com

largura igual ou superior a 0,30 m deve ser prevista pelo menos uma tomada;

- em subsolos, varandas, garagens e sótãos, pelo menos uma tomada;
- nos demais cômodos e dependências, se a área for igual ou inferior a 6m^2 , pelo menos uma tomada; se a área for superior a 6m^2 , pelo menos uma tomada para cada 5m, ou fração, de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível.

As tomadas de uso específico devem ser instaladas no máximo a 1,5 m do local previsto para o equipamento a ser alimentado.

Às tomadas de corrente devem ser atribuídas as seguintes potências:

- para as tomadas de uso específico, a potência nominal do equipamento a ser alimentado;
- para as tomadas de uso geral em banheiros, cozinhas, copas, copa-cozinhas, 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.

6.3 INTERRUPTORES

A locação dos interruptores deve levar em conta a posição das portas, a circulação das pessoas e deve ser analisada previamente com o cliente.

7. TRAÇADO E DIAGRAMA UNIFILAR

Esta etapa envolve a definição do percurso dos eletrodutos, definição dos circuitos terminais e elaboração dos diagramas unifilares.

7.1 CRITÉRIOS GERAIS

O traçado dos eletrodutos deve ser estudado de forma a minimizar as quantidades de materiais a serem utilizados, e evitando interferências com as outras instalações prediais (água, esgoto, gás, etc) e elementos estruturais da construção. Deve-se também atentar para os problemas de

execução e manutenção futuros, por exemplo, evitando-se o excesso de eletrodutos e de condutores em caixas de derivação, reduzindo-se os cruzamentos de eletrodutos no interior das paredes e lajes, posicionando as caixas em lugares de fácil acesso, etc.

As caixas de passagem próximas dos quadros de distribuição tendem, normalmente, a receber um grande número de condutores. Isso deve ser evitado com a instalação de um maior número de eletrodutos saindo do quadro de distribuição, podendo-se desse modo aliviar os eletrodutos, dividindo-se os condutores entre eles, conforme mostra a figura 7.1.

7.2 CARGAS DOS PONTOS

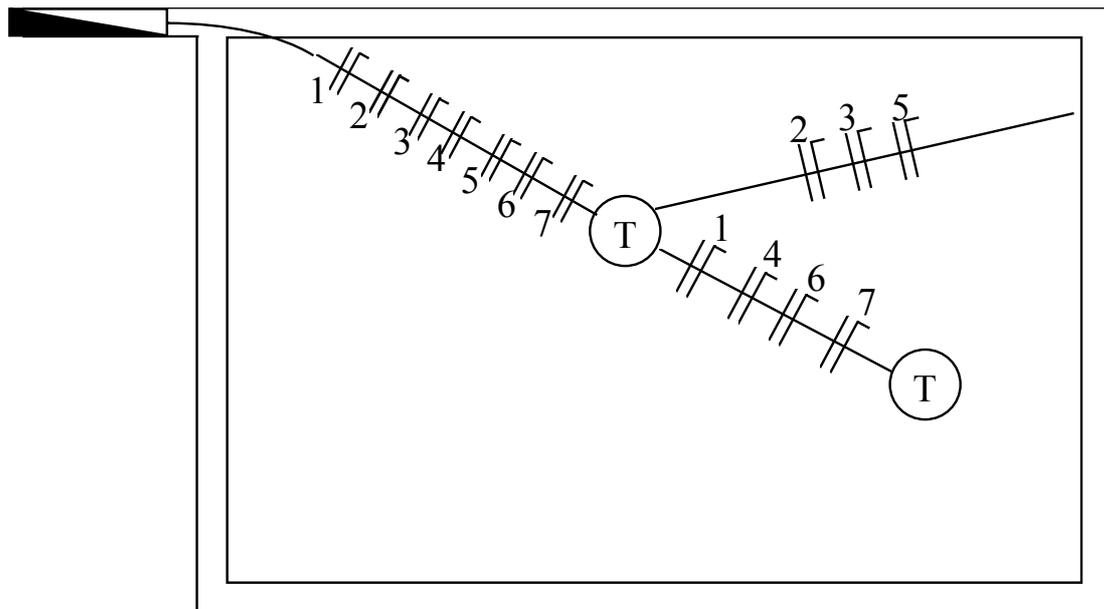
A definição dos circuitos requer que se conheça as cargas dos pontos de consumo, procedendo-se como se segue.

- Cargas de Iluminação

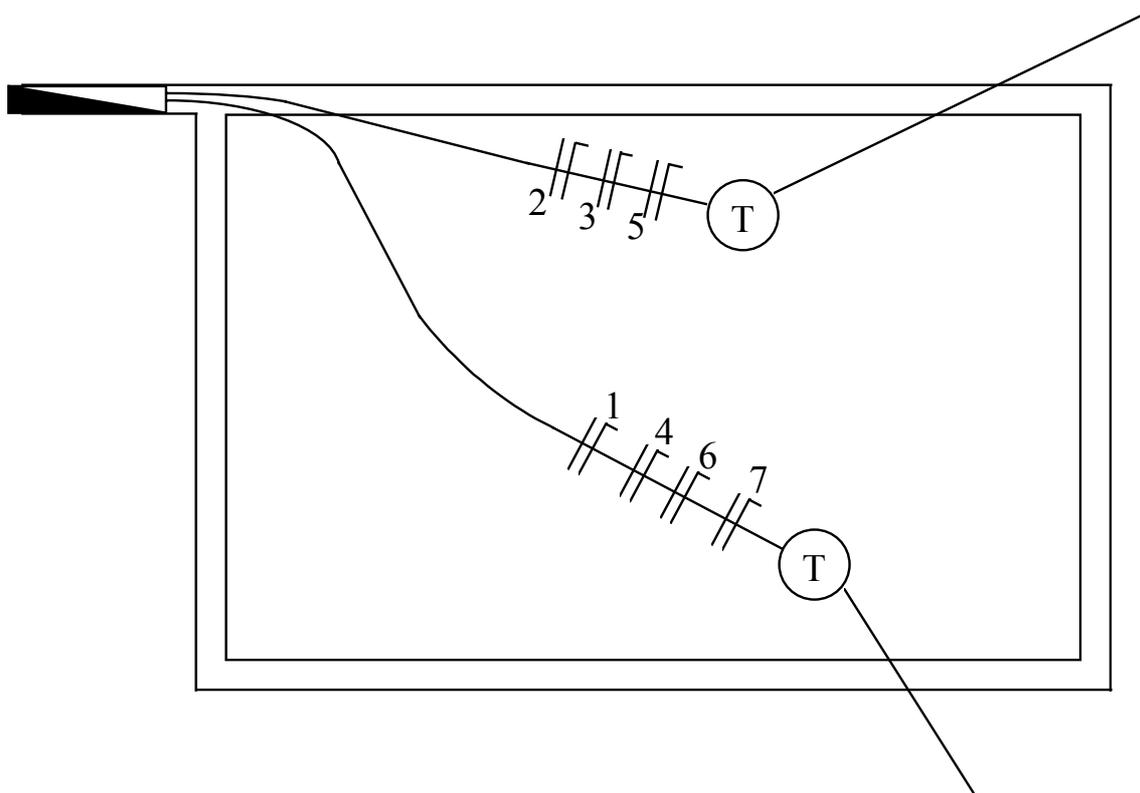
Adotar a potência nominal das lâmpadas a serem utilizadas ou as potências mínimas referidas no item 6.1. No caso de lâmpadas de descarga, deve-se considerar também as perdas nos reatores.

- Tomadas Específicas

Adotar a potência nominal do aparelho a ser suprido pela tomada, utilizando para isso informações dos fabricantes ou valores tabelados como aqueles da tabela 7.1.



— Concentração excessiva de circuitos



— Distribuição adequada de circuitos

Figura 7.1 - Distribuição de Circuitos nos Eletrodutos

Tabela 7.1 - Potências Nominais de Aparelhos

APARELHOS	POTÊNCIA (WATTS)
Aquecedor de água (boiler)	
50 a 100 litros	1.000
150 a 200 litros	1.250
250 litros	1.500
300 a 350 litros	2.000
400 litros	2.500
Aquecedor de água em passagem	4.000 a 8.000
Aspirador de pó	500 a 1000
Batedeira de bolo	100 a 300
Cafeteira	1.000
Chuveiro	4.000 a 6.500
Condicionador de ar	
7100 BTU/h	900
8500 BTU/h	1300
10000 BTU/h	1400
12000 BTU/h	1600
14000 BTU/h	1900
18000 BTU/h	2600
21000 BTU/h	2800
30000 BTU/h	3600
Congelador (freezer)	350 a 500
Exaustor doméstico	300 a 500
Ferro de passar roupa	800 a 1.650
Fogão residencial (por boca)	2500
Geladeira doméstica	150 a 500
Lavadora de pratos (residencial)	1.200 a 2.800
Lavadora de roupa (residencial)	500 a 1.000
Liquidificador	270
Máquina de escrever	60 a 150
Moedor de lixo residencial	300 a 600
Secador de roupa residencial	2.500 a 6.000
Secador de cabelo portátil	500 a 1.500
Televisor transistorizado	70 a 300
Torradeira	500 a 1.200
Torneira elétrica	2.800 a 5.200
Ventilador portátil	60 a 100

- Tomadas Gerais em Residências

Em copas, cozinhas e áreas de serviço deve-se adotar o critério do item 6.1.

- Outras Tomadas

Em tomadas em que se conhece a variedade de aparelhos que podem lá ser ligados, deve-se dimensioná-la para a possibilidade que apresentar maior potência.

7.3 DIVISÃO DOS CIRCUITOS

Após a fixação das cargas nos pontos de consumo, adotam-se os seguintes critérios para a divisão das cargas entre os circuitos elétricos:

- Prever circuitos individualizados em função do tipo de aparelhos que alimentam, como por exemplo circuitos distintos para iluminação, tomadas, motores, etc.
- Dividir a carga de iluminação, se possível, em vários circuitos, que atendem os vários ambientes da edificação.
- Prever condutores compatíveis com os terminais e com as cargas dos aparelhos e tomadas que irão ser atendidas.
- Agrupar cargas nos circuitos de modo a respeitar a máxima capacidade de condução de corrente dos condutores, bem como a sua queda de tensão admissível, prevendo-se ainda uma margem de segurança para acréscimos de carga (por exemplo de 20%).

No caso de quartos de hotéis, residências e similares, é permitido o agrupamento, em um mesmo circuito de cargas de iluminação e tomadas, exceto em cozinhas, copas e áreas de serviço, onde as tomadas devem ser supridas por circuitos exclusivos. Devem ser previstos circuitos independentes para as cargas acima de 1500 VA (porém as de mesmo tipo podem ser alimentadas pelo mesmo circuito).

É usual fixar-se a carga máxima de 1500 VA nos circuitos em 110 V, objetivando-se o uso de condutor de 1,5 mm².

8. DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS PARCIAIS (OU TERMINAIS) E DE ALIMENTADORES

8.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O dimensionamento tratado neste item objetiva a especificação da seção dos condutores da fase e do neutro que constituem os circuitos alimentadores e os circuitos parciais (terminais), bem como a especificação das características gerais dos seus equipamentos de proteção e manobra. Além disso são apresentados também os procedimentos para o dimensionamento dos eletrodutos.

Os elementos de entrada para esta fase são:

- o diagrama unifilar elaborado em item anterior.
- a tabela de carga elaborada no item anterior.
- as tabelas de capacidade de corrente dos condutores adequados para este tipo de instalações.
- as tabelas de correção de nível de corrente em função do número de condutores em um mesmo eletroduto.
- as tabelas de queda de tensão em função da carga e do comprimento dos circuitos.
- as tabelas de dimensionamento de eletrodutos.
- as tabelas de características gerais de disjuntores termomagnéticos e de fusíveis padronizados.

Em função dos resultados obtidos neste dimensionamento, é possível que haja necessidade de reavaliar alguns aspectos definidos nos itens anteriores, tais como: quantidade de condutores em um mesmo eletroduto, alteração de caminhamento de eletrodutos e a redistribuição de cargas.

Há dois critérios básicos que devem ser obedecidos no dimensionamento elétrico dos circuitos de uma instalação predial:

- capacidade de corrente,
- queda de tensão admissível.

Estes dois aspectos estão contemplados em disposições de norma e em características técnicas dos materiais que os fabricantes garantem.

Com respeito ao tipo dos condutores em instalações prediais residenciais e comerciais, observa-se que devem ser utilizados condutores isolados de cobre. Algumas exceções são admitidas, porém não são tratadas neste trabalho. Os tipos de isolamento usualmente utilizados são PVC/70°C ou EPR/XLPE.

8.2 DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS PARCIAIS (TERMINAIS)

A primeira providência a ser tomada para o dimensionamento de um circuito é identificar o tipo de carga que atende e calcular a corrente correspondente às cargas atendidas.

Conforme o tipo de carga, por norma, as seções dos condutores de fase e de neutro deverão ser iguais ou superiores aos seguintes valores:

- iluminação..... 1.5 mm²
- tomadas de corrente em salas, quartos ou similares..... 1.5 mm²
- tomadas de corrente em cozinhas, área de serviço, garagens ou similares..... 2.5 mm²
- aquecedor de água em geral..... 2.5 mm²
- máquina de lavar roupa..... 4.0 mm²
- aparelhos de ar condicionado..... 2.5 mm²
- fogões elétricos..... 6.0 mm²

Nota-se que o condutor neutro deve ter a seção igual a do condutor de fase, salvo em casos especiais que via de regra não ocorrem em instalações prediais.

A seguir deve-se calcular a corrente de carga do circuito, o que usualmente é feito a partir da soma das potências nominais correspondentes às instalações que são atendidas pelo circuito. De posse da tabela de cargas elaborada no item anterior, é possível, para circuitos monofásicos, calcular a corrente, através da expressão:

$$I = \frac{P_{\max}}{V \cos \varphi}$$

onde: P_{\max} é a soma das potências instaladas no circuito;

V é a tensão nominal do circuito;

$\cos \varphi$ é o fator de potência.

Quando o fator de potência não é o mesmo para todas as cargas do circuito, calcula-se inicialmente as potências ativa e reativa totais do circuito, obtendo-se o fator de potência pela relação $P_{\max} = Q_{\max} \tan \varphi$.

Tratando-se de cargas trifásicas, utiliza-se $\sqrt{3} \cdot V$ ao invés de V na expressão acima, sendo V a tensão de linha (tensão entre fases).

Conhecendo-se a corrente do circuito deve-se determinar a seção adequada dos condutores do circuito, através da pesquisa do cabo de menor seção que suporta a corrente da carga, consultando-se a tabela 8.1 - Capacidade de Corrente de Condutores, cujo conteúdo foi extraído da Norma NBR 5410, para eletrodutos embutidos em alvenaria.

Seção Nomin al (mm ²)	Capacidade de Condução de Corrente (A)			
	Cabos com Isolação PVC		Cabos com Isolação XLPE	
	2 Cabos Carregados	3 Cabos Carregados	2 Cabos Carregados	3 Cabos Carregados
1.5	17.5	15.5	23.0	20.0
2.5	24.0	21.0	31.0	27.0
4.0	32.0	28.0	42.0	37.0
6.0	41.0	36.0	54.0	48.0
10.0	57.0	50.0	74.0	66.0
16.0	76.0	68.0	100.0	89.0
25.0	101.0	89.0	133.0	117.0
35.0	125.0	111.0	164.0	144.0
50.0	151.0	134.0	198.0	175.0

Tabela 8.1 - Capacidade de Condução de Corrente de Condutores de Cobre Isolados, a Temperatura Ambiente de 30°C, instalados em Eletrodutos.

Observa-se, entretanto que essa tabela apresenta as capacidades para cabos com isolação de PVC e de XLPE, operando à temperatura ambiente de 30°C, instalados em eletrodutos contendo 2 ou 3 cabos carregados. Em situações distintas, é necessário aplicar correções sobre os valores de correntes preconizados nessa tabela.

As tabelas 8.2 - Fatores de Correção para Temperaturas Ambientes Diferentes de 30°C, e 8.3 - Fatores de Correção para Agrupamentos de Cabos em Eletrodutos, apresentam os fatores de correção pelos quais as correntes da tabela 8.1 devem ser multiplicados para se obter as

capacidades finais dos condutores quando submetidos a condições diferentes daquelas da tabela 8.1.

Temperatura Ambiente (°C)	Tipo de Isolação	
	PVC/70	XLPE
10	1.22	1.15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.06	1.04
35	0.94	0.96
40	0.87	0.91
45	0.79	0.87
50	0.71	0.82

Tabela 8.2 - Fatores de Correção para Temperaturas Ambientes Diferentes de 30°C.

Número de Circuitos ou Cabos Multipolares	Fator de Correção
1	1.0
2	0.8
3	0.7
4	0.65
5	0.6
6	0.55

Tabela 8.3 - Fatores de Correção para Agrupamentos de conjuntos de grupos de 2 ou 3 cabos. Aplicar nos valores de capacidade de corrente da Tabela 8.1.

8.3 DIMENSIONAMENTO DE ALIMENTADORES

Analogamente ao prescrito para circuitos parciais, o dimensionamento do alimentador principal inicia-se pela determinação da carga que atende. Entretanto neste caso, a consideração simplesmente da soma das potências das cargas que o alimentador atende pode provocar o seu superdimensionamento, uma vez que a demanda simultânea, correspondente a um grupo de cargas de funcionamento não contínuo, é estatisticamente inferior a essa soma.

Esse aspecto da não simultaneidade da ocorrência da demanda máxima é levado em conta através da consideração do fator da demanda, definido como sendo a relação entre a demanda máxima provável de um grupo de cargas de mesma natureza e a correspondente potência instalada.

Assim sendo, a demanda de um alimentador se determina através da soma das potências de todas as cargas que o alimentador atende, ponderadas pelos correspondentes fatores de demanda.

Os fatores de demanda são coeficientes empíricos, menores ou iguais a um, associados a grupos de cargas de mesma natureza, estabelecidos por norma ou por Concessionárias de Energia Elétrica. As Tabelas 8.4, 8.5, 8.6 e 8.7 apresentam os fatores de demanda mais usuais em projetos de instalações prediais.

Tabela 8.4 - Fatores de Demanda para Grupos de Pontos de Luz e Tomadas¹.

RESIDÊNCIAS	
POTÊNCIA - p (kVA)	FATOR DE DEMANDA (%)
0 < P ≤ 1	88
1 < P ≤ 2	75
2 < P ≤ 3	66
3 < P ≤ 4	59
4 < P ≤ 5	52
5 < P ≤ 6	45
6 < P ≤ 7	40
7 < P ≤ 8	35
8 < P ≤ 9	31
9 < P ≤ 10	27
acima de 10	24

EDIFÍCIOS DE APARTAMENTOS	
POTÊNCIA INSTALADA (kW)	FATOR DE DEMANDA (%)
Primeiros 20	40
Seguintes 40	30
Seguintes 40	25
Seguintes 100	20
Seguintes 200	15
O que exceder de 400	10

¹ Cotrin, Instalações Elétricas - 3a. Edição

Tabela 8.5 - Fatores de Demanda para Equipamentos de Aquecimento e Máquina de Lavar Roupa(1).

FATOR DE DEMANDA (%)					
Número de Aparelhos	Chuveiro Elétrico	Torneira Elétrica, Máquina de lavar louça, Aquec. água Passagem	Aquecedor de água de acumulação	Forno Microondas	Máquina de Secar Roupa
2	68	72	71	60	100
3	56	62	64	48	100
4	48	57	60	40	100
5	43	54	57	37	80
6	39	52	54	35	70
7	36	50	53	33	62
8	33	49	51	32	60
9	31	48	50	31	54
10 a 11	30	46	50	30	50
12 a 15	29	44	50	28	46
16 a 20	28	42	47	26	40
21 a 25	27	40	46	26	36
26 a 35	26	38	45	25	32
36 a 40	26	36	45	25	26
acima de 41	24 a 25	32 a 35	45	24	25
acima de 76	20 a 24	23 a 31	45	23	25

Tabela 8.6 - Fatores de Demanda para Aparelhos de Ar Condicionado(1).

NÚMERO DE APARELHOS	FATOR DE DEMANDA (%)
2	88
3	82
4	78
5	76
6	74
7	72
8	71
9 a 11	70
12 a 14	68
15 a 16	67
17 a 22	66
23 a 20	65
31 a 50	64
acima de 50	62

Nota: Em uma unidade residencial com mais de uma aparelho recomenda-se utilizar g = 1.

	Potência Instalada	g	c
Residencial			
1 - Administração de prédios de departamentos	Até 100 kW	0,35	0,41
	Acima de 100 kW	0,13	0,29
2 - Residencial (residência; colônia residencial; núcleo residencial)	Até 200 kW	0,39	0,33
	Acima de 200 kW	0,20	0,33

Tabela 8.7 - Valores Típicos de Fator de Demanda (g) e Fator de Carga (c) para Instalações Residenciais(1).

De posse da demanda máxima correspondente às cargas atendidas pelo alimentador, procede-se de modo análogo ao dimensionamento de circuitos parciais para se selecionar a seção do condutor mais adequado. Para tanto utiliza-se as informações das tabelas 8.1, 8.2 e 8.3.

8.4 VERIFICAÇÃO DA QUEDA DE TENSÃO

Além dos alimentadores e dos circuitos parciais apresentarem a suficiente capacidade de corrente para atender a sua carga, o suprimento deve ser feito respeitando limites adequados de tensão, estabelecidos por norma.

Os limites máximos de queda de tensão, entre a origem da instalação e qualquer ponto de utilização deve ser inferior aos valores abaixo, em relação a tensão nominal da instalação:

INSTALAÇÕES	ILUMINAÇÃO	OUTROS USOS
A-Alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão, a partir de uma rede de distribuição de baixa tensão.	4%	4%
B-Alimentadas diretamente por subestação de transformação ou transformador, a partir de uma instalação de alta tensão.	7%	7%
C-Que possuam fonte própria	7%	7%

Notas: a) Nos casos B e C as quedas de tensão nos circuitos terminais não devem ser superiores aos valores indicados em A.

- b) Nos casos B e C, quando as linhas principais da instalação tiverem um comprimento superior a 100m, as quedas de tensão podem ser aumentadas de 0,005% por metro superior a 100m, sem que, no entanto, essa suplementação seja superior a 0,5%.

Deste modo, normalmente, a queda de tensão parcial nos circuitos terminais (circuito compreendido entre o quadro de distribuição e a carga - circuitos parciais) de iluminação não deve superar 2%.

O cálculo da queda de tensão (ΔV) num trecho de um circuito pode ser efetuado adequadamente, porém, de modo aproximado, através da expressão:

$$\Delta V = I.(2l).(R \cos \varphi + X \sen \varphi)$$

onde:

I é a corrente passante no trecho considerado;

l é o comprimento do trecho do circuito;

R é a resistência do condutor por unidade de comprimento;

X é a reatância do condutor por unidade de comprimento;

$\cos \varphi$ é o fator de potência da carga.

Em um certo trecho de circuito, em se fixando o cabo (e também a forma de sua instalação, que define a reatância) e conhecendo-se o fator de potência, é possível tabelar o comprimento l em função da corrente I , para um dado valor de queda de tensão. Com isso é possível verificar se um certo circuito (ou trecho de circuito), com uma determinada corrente, constituído por um cabo dado não transgride os limites de tensão preconizados por norma. Há referências que apresentam quedas de tensão calculadas para correntes e comprimentos unitários. A tabela 8.8 (ref.1) por exemplo apresenta as quedas de tensão em V/A.km para 2 valores de fator de potência (0,80 e 0,95). Assim é possível calcular a queda de tensão a partir da corrente e comprimento. Por exemplo um circuito de tensão nominal 127 V, com fios de seção 2,5 mm² instalados em eletrodutos, com uma carga de 10 A e comprimento ($2l$) de 50 m e $\cos \varphi$ de 0,95 pode ter sua queda de tensão avaliada por:

$$\Delta V = 16,8 \text{ V/A.km} \cdot 10\text{A} \cdot 0,05 \text{ km} = 8,4 \text{ V}$$

$$\Delta V\% = 8,4/127 \cdot 100 = 6,61\%$$

As quedas de tensão dos alimentadores e dos circuitos parciais devem ser compostas para a obtenção da queda de tensão resultante.

Caso os níveis de tensão não forem respeitados com a utilização do condutor definido anteriormente, deve-se escolher um outro condutor de

seção maior de modo que esta condição seja satisfeita, observando porém que a troca de seção provocada pelo critério de queda de tensão é muito pouco freqüente em instalações elétricas prediais.

Queda de tensão em V/A.km (CORTESIA PIRELLI CABOS S.A.).

SEÇÃO NOMINAL (mm ²)	ELETRODUTO E CALHA ⁽¹⁾ (MATERIAL MAGNÉTICO)		ELETRODUTO E CALHA ⁽¹⁾ (MATERIAL NÃO-MAGNÉTICO)		INSTALAÇÃO AO AR LIVRE			
	PIRÁSTIC SUPER, PIRÁSTIC-FLEX SUPER	CIRC. MONOFÁSICO E TRIFÁSICO	PIRÁSTIC SUPER, PIRÁSTIC-FLEX SUPER	CIRC. MONOFÁSICO	DUPLAST AF	TRIPLAST AF CIRC. TRIFÁSICO		
	FP = 0,8	FP = 0,95	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	23,3	27,6
2,5	14	16,8	14,3	16,9	12,4	14,7	14,3	16,9
4	9,0	10,5	8,96	10,6	7,79	9,15	8,96	10,55
6	5,87	7,00	6,03	7,07	5,25	6,14	6,02	7,07
10	3,54	4,20	3,63	4,23	3,17	3,67	3,17	3,67
16	2,27	2,70	2,32	2,68	2,03	2,33	2,03	2,33
25	1,50	1,72	1,51	1,71	1,33	1,49	1,33	1,49
35	1,12	1,25	1,12	1,25	0,98	1,09	0,98	1,09
50	0,86	0,95	0,85	0,94	0,76	0,82	0,76	0,82
70	0,64	0,67	0,62	0,67	0,55	0,59	0,55	0,59
95	0,50	0,51	0,48	0,50	0,43	0,44	0,43	0,44
120	0,42	0,42	0,40	0,41	0,36	0,36	0,36	0,36
150	0,37	0,35	0,35	0,34	0,31	0,30	0,31	0,30
185	0,32	0,30	0,30	0,29	0,27	0,25	0,27	0,25
240	0,29	0,25	0,26	0,24	0,23	0,21	0,23	0,21
300	0,27	0,22	0,23	0,20	0,21	0,18	0,21	0,18
400	0,24	0,20	0,21	0,17	0,19	0,15	0,19	0,15
500	0,23	0,19	0,19	0,16	0,17	0,14	0,17	0,14

Notas:

1. As dimensões do eletroduto e da calha adotadas são tais que a área dos cabos não ultrapassa 40% da área interna dos mesmos.
2. Temperatura do condutor = 70°C.

9. DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO

9.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Devem ser previstos dispositivos de proteção para cada um dos circuitos parciais e cada um dos alimentadores, de modo que níveis de correntes que possam causar danos aos condutores sejam interrompidos em período adequado.

Fundamentalmente, há duas condições que devem ser provocar a atuação dos dispositivos de proteção: sobrecargas e curto circuito.

Os dispositivos de proteção pode ser usualmente constituídos por disjuntores termomagnéticos ou por fusíveis, devendo apresentar funcionamento adequado, garantido por convenientes valores de:

- corrente nominal (I_n)
- corrente que assegura efetivamente a operação do dispositivo (I_2), durante sobrecargas
- tempo de atuação do dispositivo (t), quando ocorrem curto circuitos.

A escolha do dispositivo de proteção contra sobrecarga, para um determinado circuito ou alimentador, se baseia em critérios estabelecidos por norma, que pressupõem o conhecimento de:

- corrente de projeto (I_b), que é a corrente máxima, que a carga pode solicitar;
- capacidade máxima de condução do condutor (I_z);
- o tipo de dispositivo que será utilizado (fusível ou disjuntor);
- correntes I_n (nominal) e I_2 (corrente de atuação), do tipo de dispositivo a ser utilizado.

A norma NBR 5410 impõe 3 condições para a coordenação:

- a1) $I_b \leq I_n$, o que normalmente acontece, pois a corrente de carga tem que necessariamente ser inferior ou igual à corrente máxima suportada pelo condutor.
- a2) $I_n \leq I_z$, o que assegura que, potencialmente o dispositivo de proteção atua antes que se atinja a corrente máxima suportada pelo condutor.

- b) $I_2 < = 1.45 I_z$, o que representa uma margem de segurança, que garanta que o dispositivo de proteção atue quando ocorre uma corrente suficientemente menor que a máxima suportada pelo condutor.

Quando se utiliza disjuntores é suficiente que sejam verificadas as condições (a1) e (a2), uma vez que I_2 é menor que $1.45 I_n$. Entretanto nos fusíveis devem ser verificadas as três condições, e pode ser utilizada a seguinte regra para a determinação de I_2 , em função da corrente nominal I_n :

- para $I_n < = 10 \text{ A}$ $I_2 = 1.90 I_n$
- para $10 \text{ A} < I_n < = 25 \text{ A}$ $I_2 = 1.75 I_n$
- para $I_n > = 25 \text{ A}$ $I_2 = 1.60 I_n$

Para assegurar que os condutores também estejam protegidos contra os efeitos danosos de um curto circuito, é necessário que o dispositivo de proteção tenha capacidade de suportar e de interromper a corrente de curto circuito (capacidade disruptiva), em um intervalo de tempo inferior aquele que danifica o condutor.

Para tanto é necessário verificar se a corrente de curto circuito (I_{cc}), é suficientemente inferior à corrente de curto circuito e o tempo de atuação (t) do dispositivo seja menor do que:

$$t < (k^{**2} \times S^{**2}) / I_{cc}^{**2}$$

onde: $k = 115$ para condutores de cobre, com PVC/70;

$k = 135$ para condutores de cobre, com XLPE;

S é a seção do condutor em mm^2 ;

I_{cc} é a corrente de curto circuito, em A.

10. DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS

As dimensões internas dos eletrodutos e respectivos acessórios de ligação devem permitir instalar e retirar facilmente os condutores ou cabos após a instalação dos eletrodutos e acessórios. Para isso, é necessário que:

- a) a taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não seja superior a:
- 53% no caso de um condutor ou cabos;
 - 31% no caso de dois condutores ou cabos;
 - 40% no caso de três ou mais condutores ou cabos.

b) não haja trechos contínuos (sem interposição de caixas ou equipamentos) retilíneos de tubulação maiores que 15m, sendo que, nos trechos com curvas, essa distância deve ser reduzida de 3m para cada curva de 90°.

Nota: Quando o ramal de eletrodutos passar obrigatoriamente através de locais onde não seja possível o emprego de caixa de derivação, a distância prescrita na alínea b) pode ser aumentada, desde que:

- a) seja calculada a distância máxima permissível (levando-se em conta o número de curvas de 90° necessárias), e
- b) para cada 6m, ou fração, de aumento dessa distância, se utilize eletroduto de tamanho nominal imediatamente superior ao do eletroduto que normalmente seria empregado para a quantidade e tipo dos condutores ou cabos.