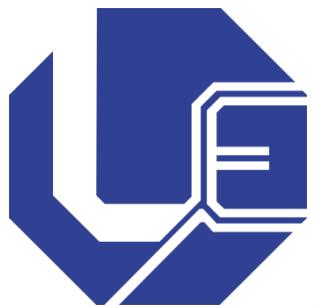


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA



INSTALAÇÕES ELETRICAS DE BAIXA TENSÃO

Disciplina de Instalações Elétricas – GEE25

Este documento é apenas orientativo, o livro "Instalações Elétricas" de Ademaro A. M. B. Cotrim e as normas da ABNT constituem a bibliografia básica da disciplina.

REVISÃO	RESPONSÁVEL	DATA
00	Paula Campos Fadul de Freitas / Sérgio F. P. Silva	2006-1
01	Victor de Paula e Silva	2007-1
02	Mauro Guimarães	2007-2
03	Lucas de Araújo Amaral / Gustavo Brito de Lima	2008-1
04	Sérgio F. P. Silva	2008-2
05	Sérgio F. P. Silva	2009-1
06	Andrei Nakagawa Silva	2010-1
07	Ezequiel Junio de Lima	2012-2



SUMÁRIO

1 - Planejamento da Instalação	1
1.1 - O projeto e suas etapas	1
a) Análise inicial.....	1
b) Fornecimento de energia	2
c) Quantificação das instalações	2
d) Esquema básico da instalação.....	3
e) Escolha e dimensionamento dos componentes	3
f) Especificações e contagem dos componentes	4
1.2 - Símbologia gráfica	4
2 - Esquemas de Aterramento	7
2.1 - Esquema TT.....	9
2.2 - Esquema TN	9
a) Esquema TN-S.....	10
b) Esquema TN-C	10
c) Esquema TN-C-S.....	11
2.3 - Esquema IT	11
3 - Pontos de utilização.....	12
3.1 - Previsão de carga para iluminação – ponto de luz	12
3.2 - Pontos de tomada	13
a) Tomadas de Uso Geral (TUG's):	14
b) Tomadas de Uso Específico (TUE's):	15
3.3 - Condicionadores de ar	15
3.4 - Potências típicas	17
4 - Condutores e Linhas Elétricas	18
4.1 - Condutores Elétricos	18
4.2 - Linhas Elétricas	18
4.3 - Tipos de linhas recomendadas pela NBR 5410	19
4.4 - Proximidade de linhas elétricas com linhas não elétricas	21
4.5 - Eletrodutos	21
5 - Circuitos Elétricos (Dimensionamento, Comando e Proteção).....	23
5.1 - Dimensionamento/divisão dos Circuitos	23
5.2 - Esquemas Fundamentais de Ligação	25
5.3 - Dispositivos de Comando	25
a) Interruptor simples de uma seção	26
b) Interruptor simples de duas seções	27
c) Interruptor Paralelo (comando de um ponto de luz por dois pontos).....	27
d) Interruptor Paralelo + Intermediário (comando de um ponto de luz por três ou mais pontos)	28
5.4 - Dispositivos de Proteção	28
a) Disjuntores de baixa tensão	28
Características nominais:	30
b) Dispositivos a corrente diferencial-residual.....	32
6 - Quadro de Distribuição.....	33
7 - Fornecimento de energia elétrica – Edificações individuais.....	35
7.1 - Definições	35
a) Consumidor	37
b) Unidade consumidora	37
c) Edificação Individual.....	37
d) Edificação de Uso Coletivo.....	37



e) Limite de Propriedade	37
f) Ramal de Ligação	37
g) Padrão de Entrada	38
h) Ramal de Entrada	39
i) Ramal Interno	39
j) Ponto de Entrega	39
k) Caixa para Medição Direta	40
l) Caixa para Medição Indireta (CM-3)	40
m) Medição Direta	40
n) Medição Indireta	41
o) Chave de Aferição	41
p) Caixa de Inspeção	41
q) Carga Instalada (kW)	41
r) Demanda (kVA)	41
s) Interligação ou Ligação Clandestina	41
7.2 - Tensões de fornecimento	41
7.3 - Limites de fornecimento	42
7.4 - Tipos de fornecimento	42
a) Tipo A: Fornecimento de energia a 2 fios (Fase + Neutro)	42
b) Tipo B: Fornecimento de energia a 3 fios (2 Fases + Neutro)	43
c) Tipo C: Fornecimento de energia a 4 fios (3 Fases + Neutro)	43
d) Tipo D : Fornecimento de Energia a 3 Fios (2 Fases + Neutro)	43
e) Tipo E: Fornecimento de Energia a 4 Fios (3 Fases + Neutro)	44
f) Tipo F: Fornecimento de Energia a 3 fios (2 Fases + Neutro)	44
g) Tipo G: Fornecimento de Energia a 4 Fios (3 Fases + Neutro)	44
h) Tipo H: Fornecimento de Energia a 4 Fios (3 Fases + Neutro)	45
i) Tipo I: Fornecimento de energia a 2 fios (Fase + Neutro)	45
j) Tipo J: Fornecimento de Energia a 3 Fios (2 Fases + Neutro)	45
7.5 - Determinação da carga instalada	47
7.6 - Cálculo da Demanda de Edificações Individuais	47
7.7 - Padrão de Entrada de Baixa Tensão para Edificações Individuais	51
8 - Dimensionamento dos Circuitos Terminais e Alimentadores	55
8.1 - Dimensionamento do condutor fase	55
a) Seção mínima	55
b) Capacidade de condução de corrente	56
c) Queda de Tensão	64
d) Sobrecarga	68
e) Curto-círcuito	70
f) Choques elétricos	74
Proteção contra choques elétricos	74
Ligação Equipotencial	77
Seccionamento automático da alimentação	79
Seccionamento automático através de disjuntor	80
Seccionamento automático através de DR	81
8.2 - Dimensionamento do condutor neutro	82
8.3 - Dimensionamento do condutor de proteção	83
9 - Dimensionamento de Eletrodutos	84
10 - Engenharia Biomédica	98
10.1 – Classificação dos ambientes por classe e grupo	89
a) Ambulatório	90
b) Atendimento imediato	90
c) Internação	90



d) Apoio ao diagnóstico e terapia	91
10.2 – Esquema de aterramento IT-médico	92
11 - Anexo A - Locais contendo banheira ou chuveiro	94
11.1 – Classificação dos volumes	94
a) Volume 0	94
b) Volume 1	94
c) Volume 2	94
d) Volume 3	94
12 - Referências Bibliográficas	98

Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica



1 - Planejamento da Instalação

1.1 - O projeto

Projetar uma instalação elétrica, seja residencial, comercial ou industrial, consiste essencialmente em selecionar, localizar, e dimensionar, de maneira racional, os equipamentos e outros componentes necessários a fim de proporcionar, de modo seguro e efetivo, a transferência de energia da fonte até os pontos de utilização [1].

Convém lembrar que o projeto de instalações elétricas é apenas um dos vários projetos necessários à construção de uma edificação, assim, sua elaboração deve ser conduzida em perfeita harmonia com os demais projetos (arquitetura, estruturas, tubulações, decoração, etc.).

De acordo com COTRIM [1], as principais etapas que devem ser seguidas num projeto de instalações elétricas prediais, válidas em princípio, para qualquer tipo de prédio (industrial, residencial, comercial, etc.) são indicadas resumidamente na sequência. A ordem indicada é a geralmente seguida pelos projetistas de empresas de engenharia. No entanto, é bom frisar que, em muitos casos, não só a ordem pode ser alterada, como também etapas podem ser suprimidas ou ainda duas ou mais etapas podem vir a ser uma única [1].

a) Análise inicial

É a etapa preliminar do projeto de instalações elétricas de qualquer prédio. Nela são colhidos os dados básicos que orientarão a execução do trabalho. Consiste, em princípio, nos passos descritos a seguir:

- Determinação do uso previsto para todas as áreas do prédio;
- Determinação do *layout* dos equipamentos de utilização previstos;
- Levantamento das características elétricas dos equipamentos;
- Classificação das áreas quanto às influências externas;
- Definição do tipo de linha elétrica a utilizar;



- Determinar equipamentos que necessitam de energia de substituição;
- Determinar setores que necessitam de iluminação de segurança;
- Determinar equipamentos que necessitam de energia de segurança;
- Determinar a resistividade do solo;
- Realizar uma estimativa inicial da potência instalada e de alimentação globais;
- Definir a localização preferencial da entrada de energia.

b) Fornecimento de energia

Nesta etapa deverão ser determinadas as condições em que o prédio será alimentado em condições normais. Assim, nesta fase é imprescindível conhecer os regulamentos/normas da concessionária local a fim de determinar:

- Tipo de sistema de distribuição e de entrada (áerea, subterrânea, baixa ou média tensão);
- Localização da entrada de energia;
- Tensão de fornecimento;
- Padrão de entrada e medição a ser utilizado (cabine primária, cabine de barramentos, caixas de entrada, um ou mais centros de medição, etc.), em função da potência instalada, das condições de fornecimento e do tipo de prédio;
- Nível de curto-círcuito no ponto de entrega;
- Esquema de aterramento.

c) Quantificação das instalações

Nesta etapa devem ser determinadas as potências instaladas e as potências de alimentação da instalação como um todo e de todos os setores e subsetores a serem considerados. A rigor, isso poderá ser feito quando todos os pontos de utilização são conhecidos. Lembrando-se que muitos deles já foram determinados na análise inicial. Portanto, agora deverão ser determinados, ou seja, localizados, caracterizados e marcados em planta:

- Os pontos de luz (aparelhos de iluminação), geralmente a partir de projetos de luminotécnica;
- As tomadas de corrente (uso geral e específico);
- Outros equipamentos de utilização que possivelmente não tenham sido determinados.



É importante observar que, em muitos casos é comum que o projetista ainda não disponha de todos os dados técnicos (potências, localização, etc.) dos equipamentos de utilização. Neste caso, é necessário recorrer a informações ou previsões complementares, como, por exemplo, dados obtidos de instalações semelhantes. Cabe ressaltar que, neste caso, o projeto deve ser revisado após a obtenção das informações definitivas.

Para instalações de grande porte (normalmente industriais), nesta fase deverão ser fixados os diversos níveis e valores de tensão a serem utilizados. A escolha dos valores das tensões, nos diferentes níveis, é função de uma série de fatores, entre os quais destacam-se:

- Tensões de fornecimento da concessionária;
- Tensões nominais dos equipamentos de utilização previstos;
- Existência, na instalação, de equipamentos especiais, como por exemplo, grandes motores, fornos a arco, máquinas de soldas e equipamentos com ciclos especiais de funcionamento;
- Distâncias entre o ponto de entrega da concessionária e os centros de carga principais e entre eles e os centros de carga secundários.

d) Esquema básico da instalação

A sequência do projeto consiste na implementação do esquema básico, transformando-o, por meio do dimensionamento de todos os componentes, no esquema unifilar final da instalação. Nesta etapa deve ser feita também uma escolha preliminar dos dispositivos de proteção.

e) Escolha e dimensionamento dos componentes

Os componentes são determinados e dimensionados seguindo, basicamente, os seguintes passos:

- 1) Em função de dados obtidos nas etapas anteriores, proceda a todos os dimensionamentos dos componentes da instalação, considerando em princípio:
 - Entrada (cabine primária, cabine de barramentos ou simplesmente, caixa de entrada), incluindo respectivas linhas elétricas;
 - Linhas elétricas relativas aos diversos circuitos de distribuição e terminais com as respectivas proteções;



- Quadros de distribuição;
 - Aterramentos;
 - Sistema de proteção contra descargas atmosféricas.
- 2) Complementação/adequação dos diversos desenhos/diagramas iniciados nas etapas anteriores;
- 3) Cálculos de curto circuito, obtendo valores de correntes de curto-círcito presumidas em todos os pontos necessários, o que poderá, eventualmente, alterar a escolha de certos dispositivos de comando e de proteção ou mesmo condutores dimensionados previamente;
- 4) Verificação da coordenação dos diversos dispositivos de proteção, o que também poderá conduzir a alterações nos dispositivos previamente escolhidos;
- 5) Revisão final dos diversos desenhos, verificando e corrigindo possíveis interferências com outros sistemas do prédio (telefônico, rede, hidráulico, TV, etc.).

f) Especificações e contagem dos componentes

Por fim, cabe ao projetista:

- Especificar todos os componentes da instalação, constando, cada um, de uma descrição sucinta, citação das normas a que deve atender e, sempre que possível, indicação de pelo menos um tipo e uma marca de referência;
- Contagem de todos os componentes da instalação;
- Estimativa do custo total dos componentes e serviços necessários à execução da obra.

1.2 - Simbologia gráfica

Infelizmente, não existe ainda no Brasil um consenso a respeito da simbologia a ser utilizada nos desenhos de projetos de instalações elétricas. A atual norma brasileira, NBR 5444 (Símbolos Gráficos para Instalações Elétricas Prediais: Simbologia), não foi plenamente adotada pelos projetistas. As tabelas apresentadas na sequência mostram a simbologia mais utilizada na representação dos principais componentes de um projeto elétrico.



Tabela 1 – Luminárias - simbologia.

Símbolo	Descrição	Observações
	Ponto de luz incandescente no teto	
	Ponto de luz incandescente na parede – Arandela	
	Ponto de luz incandescente no teto (embutido).	C = circuito; R = retorno; P = potência.
	Ponto de luz fluorescente no teto.	
	Ponto de luz fluorescente na parede.	Para luminárias instaladas em paredes (arandelas) deve-se indicar a altura de instalação.
	Ponto de luz fluorescente embutido no teto.	

Tabela 2 – Interruptores - simbologia.

Símbolo Alternativo	Descrição	Observações
	Interruptor de uma seção	
	Interruptor de duas seções	
	Interruptor de três seções	
	Interruptor paralelo (<i>tree-way</i>)	
	Interruptor intermediário (<i>four-way</i>)	A(s) letra(s) minúscula(s) indica(m) o(s) ponto(s) de comando(s). Assim, a lâmpada comandada por um determinado interruptor deve ser indicada pela mesma letra deste interruptor.
	Botão de minutaria	
	Botão de campainha na parede	

Tabela 3 – Tomadas e pontos de utilização - simbologia.

Símbolo	Descrição	Observações
	Tomada baixa (30 cm do piso)	
	Tomada média (1,30 cm do piso)	
	Tomada alta (2,0 m do piso)	
	Tomada no piso	
	Campainha	Indicar a potência (em VA) de cada tomada. Se a altura for diferente da normalizada, também deverá ser indicada. O circuito de alimentação da tomada também é indicado.



Tabela 4 – Caixas de passagem e condutos - simbologia.

Símbolo	Descrição	Observações
—	Eletroduto embutido no teto ou parede.	
- - - - -	Eletroduto embutido no piso.	
- - - - - .	Tubulação para telefone externo.	Indicar a dimensão dos eletrodutos. A dimensão do eletroduto mais comum deve ser indicada na legenda.
- - - - - .	Tubulação para telefone interno.	
.....	Tubulação para campainha, interfone, som, ou outro sistema.	
	Condutor fase, neutro, retorno e de proteção, respectivamente no interior de um eletroduto.	Indicar o nº do circuito e a designação do retorno por uma letra minúscula. Indicar também a bitola dos condutores.
	Caixa de passagem no piso.	
	Caixa de passagem no teto.	Indicar as dimensões na legenda ou junto à caixa (em mm).
	Caixa de passagem na parede.	
	Circuito que sobe.	
	Circuito que desce.	
	Circuito que passa subindo.	
	Circuito que passa descendo.	Indicar os circuitos que sobem ou descem.

Tabela 5 – Quadros de distribuição - simbologia.

Símbolo	Descrição	Observações
	Quadro terminal de luz e força aparente.	
	Quadro terminal de luz e força embutido na parede.	No projeto elétrico final deve constar um tabela/quadro descritivo de todos os circuitos presentes em cada quadro de distribuição, indicando as potências, condutores e dispositivos de proteção dos mesmos.
	Quadro geral de luz e força aparente.	
	Quadro geral de luz e força embutido.	
	Caixa de telefone	Indicar a quantidade de pontos de telefone terminais e passantes pela caixa



2 - Esquemas de Aterramento

Na sua forma mais ampla, entende-se por aterramento elétrico ou terra de proteção/funcionalidade das instalações uma ligação elétrica efetiva, proposital e de baixa impedância à terra – massa condutora com potencial elétrico convencionado igual a zero. Essa ligação tem o propósito de proteger as pessoas. O sistema de aterramento elétrico não só protege o homem, usuário ou trabalhador, mas a própria instalação e os aparelhos elétricos, pois ele pode promover a atuação dos equipamentos de seccionamento automático da alimentação elétrica que, na prática, são, normalmente, representados por disjuntores e fusíveis. A normalização prescrita na NR 10 e, mais recentemente, a Lei Federal nº 11.337, publicada em 2006, obrigam a adoção de sistema de aterramento elétrico em ambientes de trabalho, sejam edificações ou aparelhos elétricos. Essas legislações vêm promovendo uma mudança cultural nos usuários e nos trabalhadores, principalmente por iniciativa das próprias empresas.

Entre os objetivos dos sistemas de aterramento têm-se:

- Interligar eletricamente objetos condutores ou carregados, de forma a ter as menores diferenças de potencial possíveis;
- Proporcionar um caminho de escoamento para a terra das descargas atmosféricas ou sobretensões devidas a manobras de equipamentos;
- Diminuir valores de tensão fase-terra do sistema, fixando a tensão de isolação a valores determinados;
- Proporcionar o escoamento para a terra da eletricidade estática gerada por equipamentos ou por indução, evitando faiscamento.

Os sistemas de aterramento podem ser:

- Funcional (ligação à terra de um dos condutores vivos do sistema elétrico);
 - Definição e estabilização da tensão da instalação em relação à terra durante o funcionamento;
 - Limitação de sobretensões devidas a manobras e descargas atmosféricas.



- Proteção (ligação à terra das massas e dos elementos condutores estranhos à instalação);
 - Limitar o potencial entre massas, entre massas e elementos condutores estranhos à instalação (equalização de potencial);
 - Proporcionar às correntes de falta para terra um caminho de retorno de baixa impedância.
- Temporário (ligação elétrica efetiva com baixa impedância intencional à terra, destinada a garantir a equipotencialidade e mantida continuamente durante a intervenção na instalação elétrica).

De acordo com a NBR 5410 [2], as instalações elétricas de baixa tensão devem obedecer, quanto aos aterramentos funcional e de proteção, a três esquemas de aterramento básicos (TT, TN e IT), designados pela seguinte simbologia:

1ª letra – indica a alimentação em relação à terra:

- T** – um ponto diretamente aterrado;
- I** – nenhum ponto aterrado ou aterramento através de impedância razoável.

2ª letra – situação das massas em relação à terra:

- T** – diretamente aterradas (qualquer ponto)
- N** – ligadas ao ponto de alimentação aterrado (sem aterramento próprio)
- I** – massas isoladas, não aterradas

Outras letras – especificam a forma de aterramento da massa, utilizando o aterramento da fonte de alimentação:

- S** – neutro e proteção (PE) por condutores distintos (separados);
- C** – neutro e proteção em um único condutor (PEN).

2.1 - Esquema TT

O neutro da fonte é ligado diretamente à terra, com as massas da instalação ligadas a eletrodos de aterramento independentes do eletrodo da fonte.

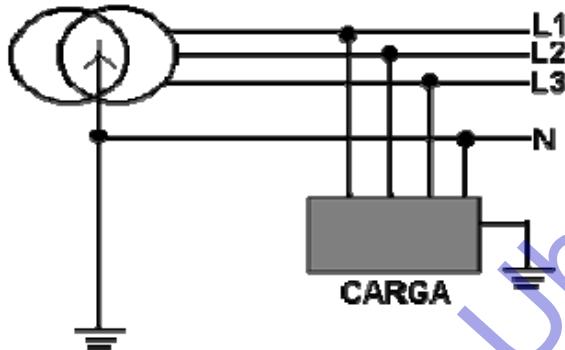


Figura 1 – Esquema de aterramento TT.

Recomendações para o esquema TT:

- Todas as massas protegidas contra contatos indiretos devem ser ligadas a um ponto único, para evitar malhas e surgimento de tensões de passo;
- A proteção deve ser garantida por dispositivos DR, pois representa o único meio adequado para proteção contra choques elétricos (instalado na origem da instalação), pois as correntes de falha podem ser insuficientes para a atuação de disjuntores e fusíveis;
- É recomendado para sistemas onde a fonte de alimentação e a carga estiverem distantes uma da outra.

2.2 - Esquema TN

Um ponto da instalação, em geral o neutro, é diretamente aterrado e as massas dos equipamentos são ligadas a esse ponto por um condutor. Neste caso, o percurso de uma corrente fase-massa é de baixa impedância e, portanto a corrente pode atingir valores elevados, suficientes para serem detectadas e interrompidas por disjuntores e fusíveis. Este esquema pode ser classificado como:

- **TN-S** – condutores neutro (N) e proteção (PE) distintos (separados);
- **TN-C** – funções de neutro e proteção exercidas pelo mesmo condutor (PEN);
- **TN-C-S** – Esquemas TN-S e TN-C utilizados na mesma instalação.

a) Esquema TN-S

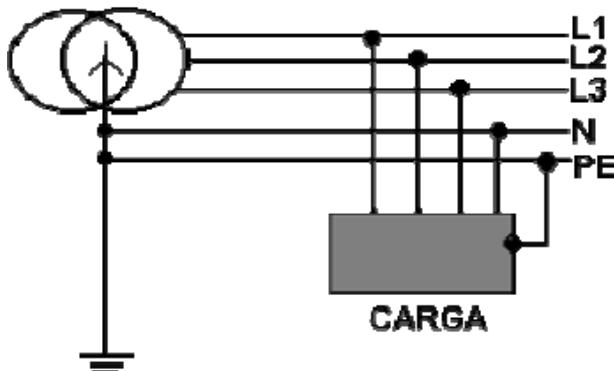


Figura 2 –Esquema de aterramento TN-S.

- Neste esquema os condutores, neutro (N) e proteção (PE), são separados e, este último, está sempre com tensão zero;
- Também é caracterizado por possuir baixa impedância para correntes de falta (altas correntes);
- É utilizado quando a distância entre a carga e a fonte não é muito grande;
- A proteção deve ser garantida por dispositivo DR (diferencial-residual), que detectam a corrente que escoa pela terra.

b) Esquema TN-C

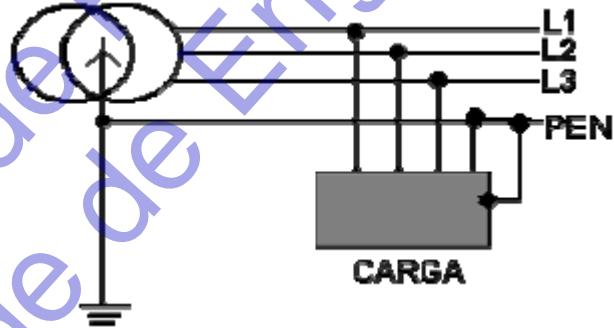


Figura 3 –Esquema de aterramento TN-C.

- O condutor neutro é também utilizado como condutor de proteção (PEN);
- Este esquema não é permitido para condutores de seção inferior a 10 mm^2 (cobre) e para equipamentos portáteis, além de não se admitir o uso de dispositivos DR;
- A tensão do condutor neutro junto à carga não é zero;
- É perigoso no caso de ruptura do condutor neutro.

c) Esquema TN-C-S

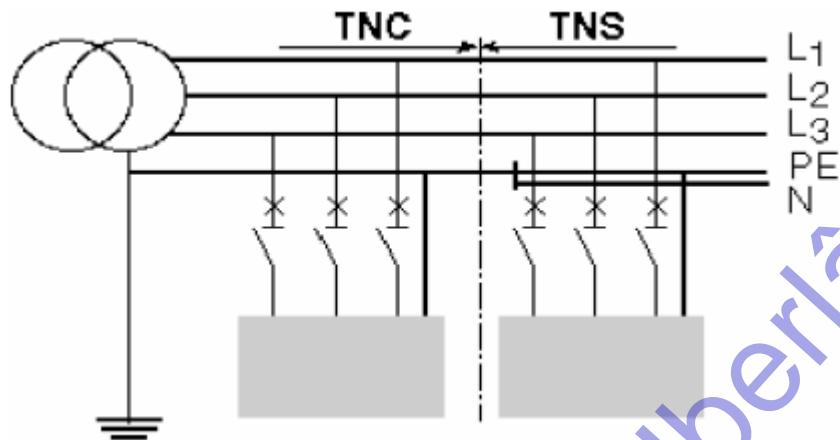


Figura 4 – Esquema de aterramento TN-C-S

- O esquema TN-C nunca deve ser utilizado a jusante do sistema TN-S;
- A proteção deve ser garantida por dispositivo DR, pois representa o único meio adequado para proteção contra choques elétricos.

2.3 - Esquema IT

Esquema parecido com o TT, porém o aterrimento da fonte é realizado através de uma impedância de valor elevado (resistência ou indutância). Desta forma, correntes de falta são limitadas a valores desejados, de forma a permitir que uma primeira falta não desligue o sistema. Geralmente, esta corrente não é perigosa às pessoas, mas como a instalação estará operando em condição de falta, devem ser utilizados dispositivos que monitorem a ocorrência destas faltas, evitando a degradação dos componentes sujeitos a tais condições.

O uso deste sistema é restrito a instalações onde a primeira falha não pode desligar imediatamente a alimentação, interrompendo processos importantes (como em salas cirúrgicas, UTIs, alguns processos industriais, etc.).

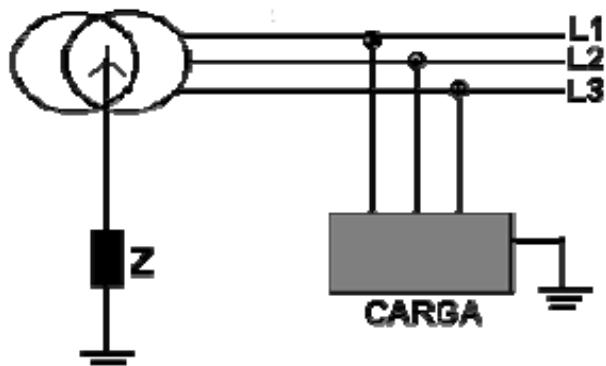


Figura 5 – Esquema IT.

- Exige manutenção especializada (com inspeções e medições periódicas da resistência de isolamento).
- Usar onde a continuidade do serviço é indispensável (hospitais, indústrias, etc.).
- O DR é o dispositivo mais indicado para a proteção contra contatos indiretos.

3 - Pontos de utilização

Ponto de uma linha elétrica destinado à conexão de equipamento de utilização. Um ponto de utilização pode ser classificado, entre outros critérios, de acordo com a tensão da linha elétrica, a natureza da carga prevista (ponto de luz, ponto para aquecedor, ponto para aparelho de ar-condicionado, etc.) e o tipo de conexão previsto (ponto de tomada, ponto de ligação direta) [2].

3.1 - Previsão de carga para iluminação - ponto de luz

Como regra geral, a NBR 5410 estabelece que as cargas de iluminação devem ser determinadas como resultado da aplicação da NBR 5413: *Iluminância de interiores – Procedimento* [3]. Como alternativa ao uso da NBR 5413, a NBR 5410 apresenta o seguinte critério de previsão de carga de iluminação para cada cômodo ou dependência:

- Em cada cômodo ou dependência de unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares deve ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, com potência mínima de 100VA, comandado por interruptor de parede;



- Em unidades residenciais, como alternativa, para a determinação das cargas de iluminação, 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 100VA;
 - Em cômodos ou dependências com área superior a $6m^2$, deve ser prevista uma carga mínima de 100VA para os primeiros $6m^2$, acrescida de 60VA para cada aumento de $4m^2$ inteiros.

Para os aparelhos fixos de iluminação a descarga, a potência nominal a ser considerada deverá incluir a potência das lâmpadas, as perdas e o fator de potência dos equipamentos auxiliares.

A norma adverte que os valores indicados são para efeito de dimensionamento dos circuitos, não havendo qualquer vínculo, com potência nominal de lâmpadas.

3.2 - Pontos de tomada

Ponto de utilização em que a conexão do equipamento ou equipamentos a serem alimentados é feita através de tomada de corrente. Os pontos de tomada são definidos como:

Tomadas de uso geral (TUGs):

Aparelhos portáteis, como abajures, enceradeiras, aspiradores de pó, liquidificadores, batedeiras, etc.

Tomadas de uso específico (TUEs):

Aparelhos fixos ou estacionários, que, embora possam ser removidos, trabalham sempre em um determinado local. É o caso dos chuveiros e torneiras elétricas, máquina de lavar roupas/louças e aparelho de ar-condicionado. As tomadas de uso específico devem ser instaladas no máximo a 1,5 m do local previsto para o equipamento a ser alimentado.

A NBR 5410: 2004 (6.5.3.1) especifica que **TODAS** as tomadas de corrente devem ser do tipo com contato de aterramento (PE).



Cabe ao projetista escolher criteriosamente os locais onde devem ser previstas as TUEs e prever o número de TUGs que assegure conforto ao usuário.

As recomendações para unidades residenciais, motéis, hotéis e similares são:

a) Tomadas de Uso Geral (TUG's):

- Banheiros: pelo menos uma tomada junto ao lavatório (600VA até três tomadas e 100VA para cada tomada excedente), atendendo as restrições do Anexo A.
- Cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos: no mínimo uma tomada para cada 3,5m, 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.
- Halls, corredores, subsolos, garagens, sótãos e varandas: pelo menos uma tomada (no mínimo 100VA por tomada).
- Salas e dormitórios: no mínimo 1 ponto de tomada para cada 5m, ou fração, de perímetro. Devendo, estes pontos, ser espaçados de forma uniforme.
- 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 5 m, ou fração de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível (no mínimo 100VA por tomada).
- Halls de escadarias, salas de manutenção e salas de localização de equipamentos, tais como, casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos: deve ser prevista pelo menos uma tomada com potência mínima de 1000VA.

A potência a ser atribuída a cada ponto de tomada é função dos equipamentos que ele poderá vir a alimentar, e não deve ser inferior aos seguintes valores mínimos:

- TUGs em Banheiros, cozinhas, copas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos: no mínimo 600VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100VA por ponto excedente, considerando cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas for superior a 6 pontos, admite-se a utilização de 600VA para dois pontos e 100VA para os demais.
- TUGs para demais cômodos e dependências de habitação: no mínimo 100VA por ponto de tomada.



Para locais não destinados à habitação, a NBR5410 não prescreve a quantidade mínima e as potências mínimas das tomadas de uso geral, tendo em vista a diversidade de utilizações possíveis.

No entanto, em caso de escritórios e lojas, pode-se adotar a seguinte orientação:

- Escritórios comerciais e locais análogos:
 - área igual ou inferior a 40 m^2 - 1 tomada a cada 4 m^2 , ou fração, de área com potência mínima de 200 VA por tomada;
 - área superior a 40 m^2 - 10 tomadas para os primeiros 40 m^2 e 1 tomada para cada 10 m^2 , ou fração, de área restante com potência mínima de 200 VA por tomada.
- Lojas comerciais e locais análogos:
 - 1 tomada a cada 30 m^2 , ou fração, de área com potência mínima de 200 VA por tomada, não computadas as destinadas a vitrinas e demonstração de aparelhos.

b) Tomadas de Uso Específico (TUE's):

- Deve ser atribuída uma potência igual à potência nominal do equipamento a ser alimentado. Devem ser instaladas, no máximo, a $1,5\text{ m}$ do local previsto para o equipamento a ser alimentado.

3.3 - Condicionadores de ar

Para calcular a potência de aparelhos de ar condicionado deve-se, inicialmente, calcular a carga térmica do ambiente a ser refrigerado [4]. Este cálculo é realizado pela expressão abaixo:

$$CT = a + b + c + d + e \quad \text{Exp. (1)}$$

Onde: CT = carga térmica (Kcal/h)

As parcelas são relacionadas a:

a = volume do recinto (Kcal/hm³)

b = área das janelas (Kcal/hm²)

c = nº de pessoas (Kcal/hpessoa)

d = área das portas (Kcal/hm²)

e = aparelhos eletrodomésticos (Kcal/hwatt)

Os procedimentos de cálculo das parcelas a...e são descritos na seqüência.

a - Determinação do volume do local e multiplicação deste valor pela quantidade de [(kcal/h)/m³] do recinto (ver tabela 6):

$$a = \text{Recinto} \times \text{volume (m}^3\text{)} = \text{kcal/h} \quad \text{Exp. (2)}$$



Tabela 6 – Determinação do parâmetro a.

Recinto [(kcal/h)/m ³]	
Entre andares	Sob telhados
16,0	22,33

b - Determinação da área das janelas pela soma da área de todas as janelas situadas na mesma parede. Deve-se verificar existência de cortinas e qual o período de incidência do sol (manhã ou tarde). Este valor deve ser multiplicado pela quantidade de kcal/h por m² (Tabela 7) de janela nas condições observadas, que encontra-se na tabela seguinte:

$$b = \text{Janelas} \times \text{área (m}^2\text{)} = \text{kcal/h}$$

Exp. (3)

Tabela 7 – Determinação do parâmetro b.

Com cortina		Janelas em [(kcal/h)/m ²]		Vidros na sombra
Sol da manhã	Sol da tarde	Sol da manhã	Sol da tarde	
160	212	222	410	37

Obs.: Se houver janelas em mais de uma parede, considerar aquela da parede que recebe mais calor para o cálculo acima. As janelas das outras paredes devem ser consideradas na sombra.

c - Verificação do número de pessoas que habitualmente permaneçam no local:

$$c = \text{Nº pessoas} \times 125 \text{ (kcal/h)/pessoa} = \text{kcal/h}$$

Exp. (4)

d - Some as áreas das portas, arcos ou vãos que permaneçam constantemente abertos para espaços não condicionados e calcule:

$$d = \text{Soma das áreas das portas} \times 125 \text{ (kcal/h)/m}^2 = \text{kcal/h}$$

Exp. (5)

e - Quando houver aparelhos elétricos em uso no ambiente que desprendam calor, tais como: esterilizador, estufa, cafeteira, lâmpada, etc, calcular:

um fator de 0,9kcal/(h.watt) multiplicando a potência total do aparelho:

$$e = \text{Soma das potências} \times 0,9 \text{ (kcal/h)/W} = \text{kcal/h}$$

Exp. (6)

De posse dos valores dos parâmetros acima e, consultando a tabela seguinte, procura-se o aparelho mais conveniente de acordo com a carga térmica total do local a ser condicionado.



Tabela 8 – Potências nominais de condicionadores de ar tipo janela

BTU/h	kcal/h	W	VA
8.500	2.125	1.300	1.500
10.000	2.500	1.400	1.650
12.000	3.000	1.600	1.900
14.000	3.500	1.900	2.100
18.000	4.500	2.600	2.860
21.000	5.250	2.800	3.080
30.000	7.500	3.600	4.000

(*) Conforme ND-5.1:1998, Capítulo 7, pg. 8

Obs.: Valores válidos para aparelhos até 12.000 BTU/h, ligados em 127 V ou 220 V e para aparelhos acima de 14.000 BTU/h ligados em 220 V.

3.4 - Potências típicas

A Tabela 09 apresenta potências típicas para diversos tipos de equipamentos elétricos, de acordo com normas da CEMIG [5]. Naturalmente, estes valores somente devem ser utilizados em caso de desconhecimento da potência real (dado de catálogo) do equipamento considerado no projeto de instalações elétricas.

Tabela 9 – Potências médias de aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento*.

Tipo	Pot. (W)	Tipo	Pot. (W)	
Aquecedores de água por acumulação (boiler)	Até 80 L De 100 a 150L De 200 a 400L	1.500 2.500 4.000	Freezer horizontal Freezer vertical Geladeira	500 300 250
Aquecedores de água por passagem		6.000	Liquidificador	200
Aquecedor de ambiente		1.000	Máquina de costura	100
Aspirador de pó		600	Máquina de lavar louças	1.500
Batedeira		100	Máquina de lavar roupas	1.000
Cafeteira	Doméstica Comercial	600 1.200	Máquina de secar roupas	3.500
Chuveiro	127V 220V	4.400 6.000	Secador de cabelos	1.000
Conjunto de som		100	Televisor	300
Exaustor		150	Torneira	2.500
Espremedor de frutas		200	Torradeira	800
Ferro de passar roupa automático/simples		1.000/500	Ventilador	100
Fogão		1.500/Boca	Microcomputador	300
Forno (de embutir)		4.500	Impressora	45
			Grill	1.200
			Forno de microondas	750

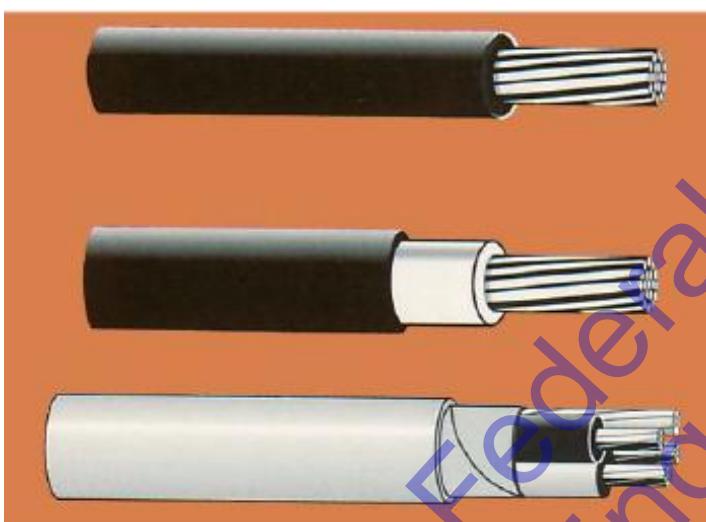
(*) Conforme ND-5.1:2009, Capítulo 7, pg. 14.

4 - Condutores e Linhas Elétricas

4.1 - Condutores Elétricos

Todos os condutores devem ser providos, no mínimo, de isolação, a não ser quando o uso de condutores nus ou providos apenas de cobertura for expressamente permitido [2].

Nas instalações de baixa tensão, a NBR 5410 prescreve, nas linhas elétricas, o uso de condutores isolados, cabos uni e multipolares e condutores nus, de cobre e de alumínio.



- **Condutor Isolado:** possui somente o condutor e a isolação;
- **Cabo Unipolar:** condutor, isolação e uma camada de revestimento, chamada cobertura, para proteção mecânica
- **Cabo Multipolar:** possui sob a mesma cobertura, dois ou mais condutores isolados, denominados veias.

Figura 6 – Exemplos de condutores elétricos.

Quanto à isolação do condutor, destacam-se as três mais comuns, descritas na tabela a seguir:

Tabela 10 – Tipos de isolação de condutores elétricos.

Material	Pontos Fracos	Pontos Fortes
PVC (CLORETO DE POLIVINILA)	Baixo índice de estabilidade térmica	Boas propriedades mecânicas e elétricas Não propagante de chama
XLPE (POLIETILENO RETICULADO)	Baixa flexibilidade Baixa resistência à chama	Excelentes propriedades elétricas Boa resistência térmica
EPR (BORRACHA ETILENO PROPILENO)	Baixa resistência mecânica Baixa resistência a chamas	Excelentes propriedades elétricas Boa resistência térmica

4.2 - Linhas Elétricas

O conceito de linha elétrica engloba os condutores e os eventuais elementos de fixação, suporte e proteção mecânica a eles associados. São vários os tipos de linha, a saber:

- linha aberta: linha em que os condutores são circundados por ar ambiente não confinado;
- linha aérea: linha (aberta) em que os condutores ficam elevados em relação ao solo e afastados de outras superfícies que não os respectivos suportes;
- linha aparente: linha em que os condutos ou condutores não estão embutidos;
- linha em parede ou no teto: linha aparente em que os condutores ficam na superfície de uma parede ou de um teto, ou em sua proximidade imediata, dentro ou fora de um conduto;
- linha embutida: linha em que os condutos ou os condutores estão localizados nas paredes ou na estrutura do prédio, acessível apenas em pontos determinados;
- linha subterrânea: linha construída com cabos isolados, enterrados diretamente no solo ou instalados em condutos subterrâneos;
- linha pré-fabricada: linha constituída por peças em tamanhos padronizados, contendo condutores de secção maciça com proteção mecânica, que se encaixam entre si no local da instalação.

Chama-se de conduto elétrico a uma canalização destinada a conter condutores elétricos. Nas instalações elétricas são utilizados vários tipos de condutos: *eletrodutos, calhas, molduras, blocos alveolados, canaletas, bandejas, escadas para cabos, poços e galerias*.

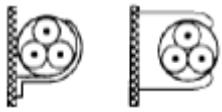
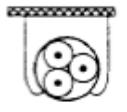
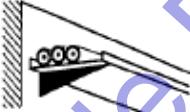
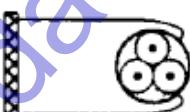
4.3 - Tipos de linhas recomendadas pela NBR 5410

A tabela seguinte mostra os tipos de linhas elétricas (maneira de instalar) mais comuns em que instalações de um circuito ou linha elétrica devam se enquadrar de acordo com a NBR 5410.

Tabela 11 – Exemplos de linhas elétricas.

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de Referência
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante	A1
2		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1



4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
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
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela	E (multipolar) F (unipolares)
15		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	E (multipolar) F (unipolares)

(*) Conforme NBR 5410:2004 – pg. 90

Observação: A tabela acima apresenta somente alguns métodos de instalação. Para maior conhecimento dos métodos de instalação, consultar a norma NBR 5410:2004 pg. 90 em diante.



4.4 - Proximidade de linhas elétricas com linhas não elétricas

Com relação à proximidade com linhas não elétricas (telefonia, comunicação, informática, canalizações de utilidades, exaustão, etc.), a norma estabelece que:

- As linhas elétricas e linhas não elétricas próximas e em instalação aparente devem ser dispostas de forma que mantenha entre suas superfícies externas uma distância adequada (entre 3 a 5 cm de afastamento), para impedir danos recíprocos entre elas, devidos a qualquer intervenção em uma destas instalações;
- • As linhas elétricas não devem ser dispostas nas proximidades de canalizações que dissipem calor (canalizações de água quente, de vapor ou fluido térmico) ou possam emitir fumaça ou vapores tóxicos (dutos de exaustão de gases quentes ou agressivos), cujos efeitos poderiam ser prejudiciais à instalação, a menos que as linhas elétricas sejam protegidas contra esses efeitos, por exemplo, pela interposição de um anteparo adequado entre as linhas elétricas e aquelas canalizações;
- As linhas elétricas não devem ser instaladas no interior de dutos de exaustão de fumaça ou de ventilação;
- As linhas elétricas não devem ser instaladas (em todo o trecho ou parte dele) sob e ao longo de canalizações sujeitas à condensação (tubulações de água gelada, de fluidos frigoríficos), a menos que sejam tomadas algumas precauções para proteger as linhas elétricas dos efeitos de condensação, o que se resolve com uma adequada isolamento térmica acompanhada por barreira de vapor, complementada por proteção do material de isolamento (em geral, por meio do envolvimento com chapa de aço ou de alumínio liso ou corrugado).

4.5 - Eletrodutos

Eletroduto é definido como um conduto de seção circular ou não, empregados em instalações embutidas ou aparentes, e destinados a conter condutores elétricos róvidos de isolamento, permitindo tanto a enfiamento como a retirada dos condutores. Constituem-se no tipo de invólucro mais empregado para a proteção contra as influências externas atuantes sobre os condutores, principalmente para as linhas embutidas em lajes ou em alvenarias. Ainda que sem restrições ao uso de outras formas geométricas, são os eletrodutos de seção circular os mais empregados [6].



Os eletrodutos metálicos são fabricados em aço carbono, em aços especiais (magnéticos) ou, ainda, em alumínio (não magnéticos), podendo ser rígido ou flexível. Os eletrodutos de materiais plásticos rígidos são fabricados em PVC, enquanto os flexíveis são corrugados e fabricados tanto em PVC como em PEAD (polietileno de alta densidade), sendo empregados nas instalações de eletrovias enterradas. Há uma extensa variedade de acessórios empregados nas instalações com os eletrodutos rígidos metálicos ou de PVC rígido, que se constituem em caixas de passagem e/ou derivação e demais acessórios. As conexões a estas caixas podem ser roscáveis ou parafusadas (soldáveis no caso de eletrodutos de PVC) em instalações embutidas ou aparentes, sendo, neste último caso, exemplos os conhecidos condutores.



5 - Circuitos Elétricos (Dimensionamento, Comando e Proteção)

Entende-se por circuito elétrico o conjunto de cargas alimentadas pelos mesmos condutores e protegidos pelo mesmo dispositivo de proteção. Estes circuitos deverão ser dimensionados em função da carga que irão alimentar. Circuito terminal corresponde ao circuito que alimenta diretamente os pontos de utilização. Circuito de distribuição são circuitos que alimentam quadros de distribuição intermediários ou principais e, portanto, não suprem diretamente as tomadas de corrente, equipamentos e pontos de luz.

5.1 - Dimensionamento/divisão dos Circuitos

Assim, após a fixação das cargas nos pontos de consumo, a instalação deve ser dividida em tantos circuitos quantos necessários, devendo cada circuito ser concebido de forma a ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida através de outro circuito. Adicionalmente, a divisão em circuitos dever ser realizada de modo a atender exigências de segurança, funcionais, de produção, de manutenção e de conservação da energia.

Seguindo se as recomendações da NBR 5410, os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam. Em particular, devem ser previstos circuitos terminais distintos para iluminação e tomadas de corrente.

As seguintes regras/orientações devem ser seguidas quando da divisão da instalação em circuitos:

- Em unidades residenciais e acomodações de hotéis, motéis e similares devem ser previstos circuitos independentes para cada equipamento com corrente nominal superior a 10 A;
- Recomenda-se limitar a corrente a 10 A nos circuitos de iluminação e tomadas de uso geral;
- Aparelhos de ar condicionado devem ter circuitos individuais.
- Cada circuito deve ter seu próprio condutor neutro.
- Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas desses locais.

- Sempre que possível, deve-se projetar circuitos independentes para os quartos, salas (dependências sociais), cozinhas e dependências de serviço;
- As cargas devem ser distribuídas entre as fases, de modo a obter-se o maior equilíbrio possível.

Adicionalmente, necessidades futuras devem ser consideradas quando da elaboração de um projeto de instalações elétricas. Assim, devem ser previstos circuitos reserva, conforme a tabela abaixo:

Tabela 12 – Quantidade de circuitos reserva

Quantidade de circuitos efetivamente disponível	Número de circuitos destinados a reserva
Até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
$N > 30$	0,15 N

A capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição.

É usual, preliminarmente, fixar-se a carga máxima de 1.200 VA nos circuitos em 127 V e de 2.200 VA nos circuitos em 220 V, objetivando-se obter uma seção reduzida para os condutores destes circuitos.

A figura abaixo ilustra diferentes tipos de circuitos terminais e suas respectivas cargas.

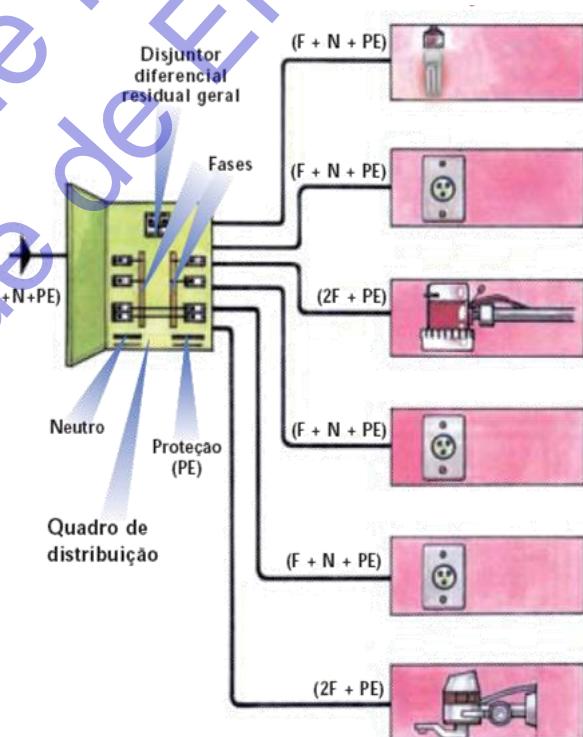


Figura 7 – Exemplo de circuitos terminais.[\[7\]](#)

5.2 - Esquemas Fundamentais de Ligação

Os esquemas ilustrados na sequência representam trechos construtivos de circuitos terminais de iluminação e tomadas.

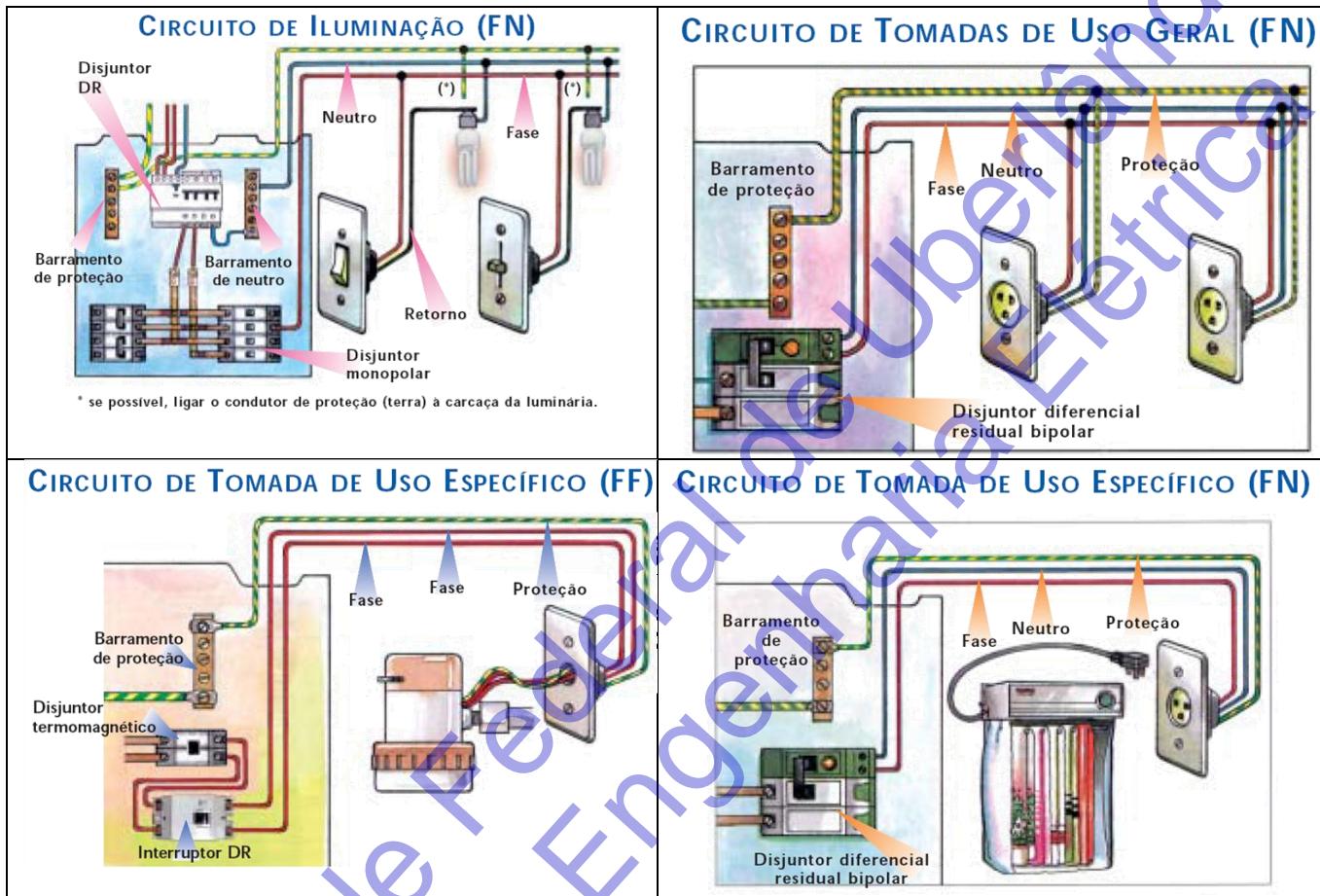


Figura 8 – Exemplo de circuitos terminais – fiação. [7]

5.3 - Dispositivos de Comando

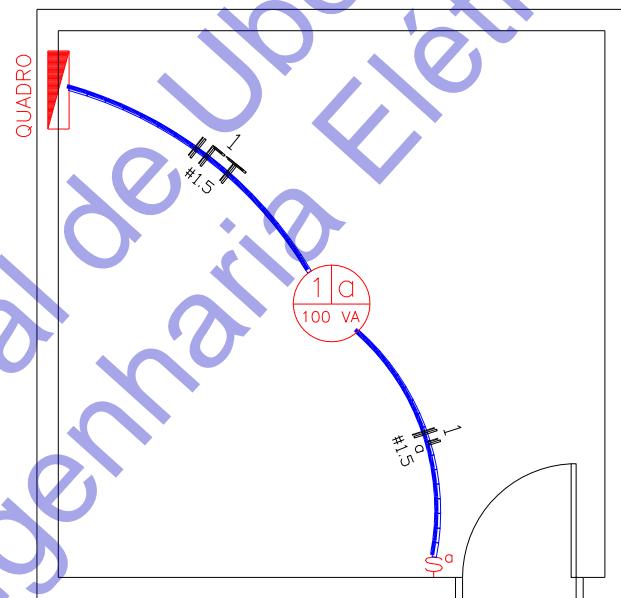
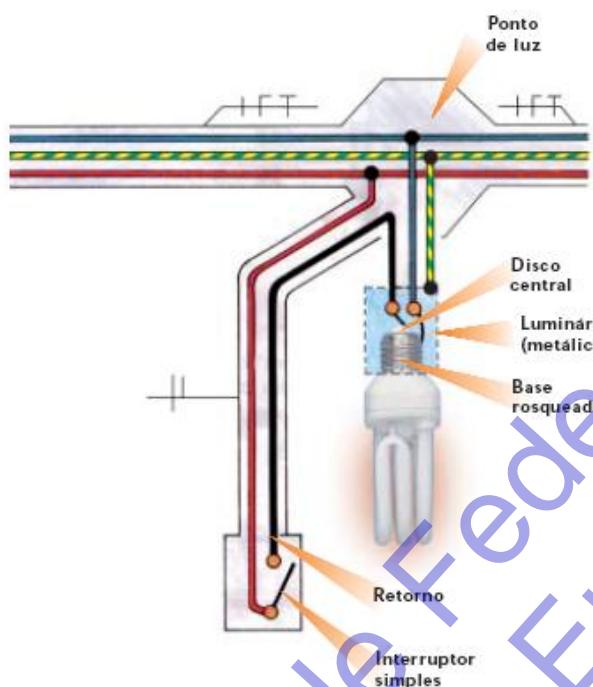
Os circuitos terminais podem conter dispositivos de comando para o acionamento de lâmpadas ou tomadas. Os dispositivos de comando normalmente utilizados em instalações elétricas de baixa tensão são: interruptores, minuterias, sensores/atuadores, contatores e chaves magnéticas.

Para o controle de circuitos trifásicos são utilizados dispositivos tripolares que atuam sobre os três condutores simultaneamente. No caso de circuitos bifásicos, os dispositivos devem ser bipolares e, portanto, circuitos monofásicos exigem dispositivos de comando unipolares. Vale destacar que o condutor neutro não deve ser interrompido por dispositivos de comando (interruptores).

Os pontos de utilização de iluminação são comandados por interruptores de uma ou mais seções.

Quando se deseja apagar ou acender uma lâmpada de dois ou mais pontos distintos, são empregados interruptores paralelos e/ou intermediários. Na sequência são apresentados os esquemas de ligação destes interruptores.

a) Interruptor simples de uma seção



Ligar sempre:

- a fase ao interruptor;
- o retorno ao contato do disco central da lâmpada;

- o neutro diretamente ao contato da base rosqueada da lâmpada;
- o fio terra à luminária metálica.

Figura 9 – Esquema físico e representação de um interruptor de uma seção [7].

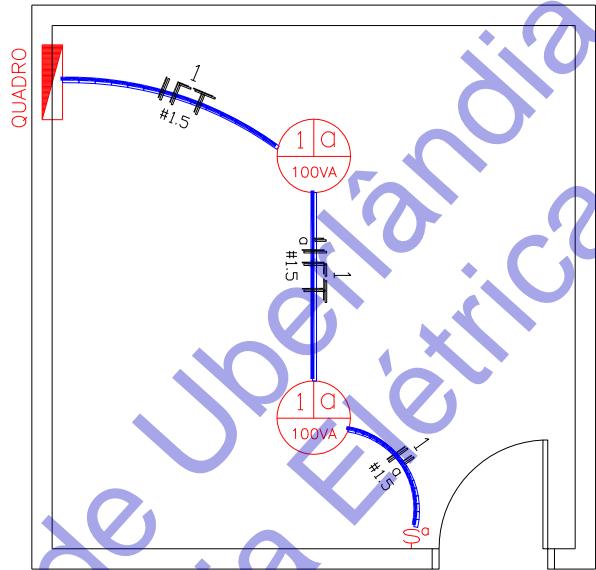
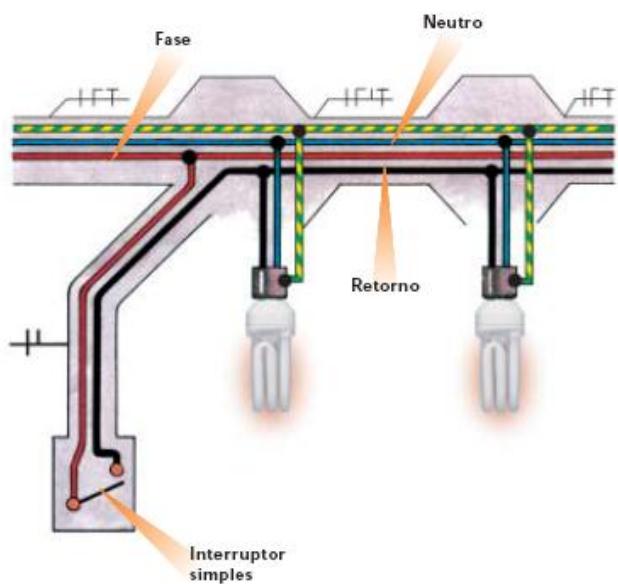
b) Interruptor simples de duas seções


Figura 10 – Esquema físico e representação de um interruptor de duas seções.[7]

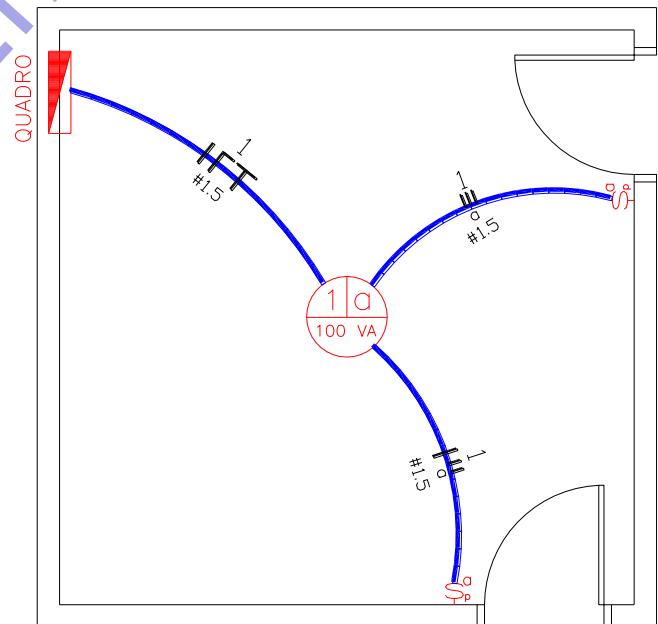
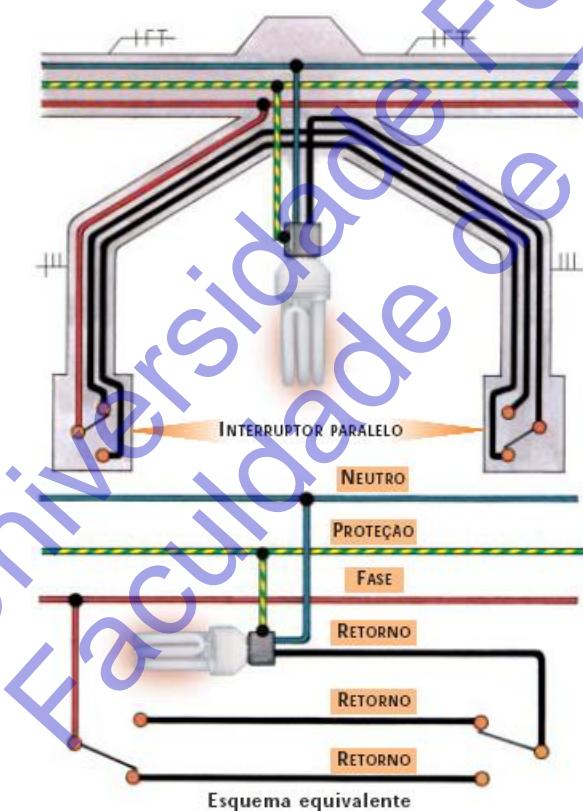
c) Interruptor Paralelo (comando de um ponto de luz por dois pontos)


Figura 11 – Esquema físico e representação de um interruptor paralelo.[7]

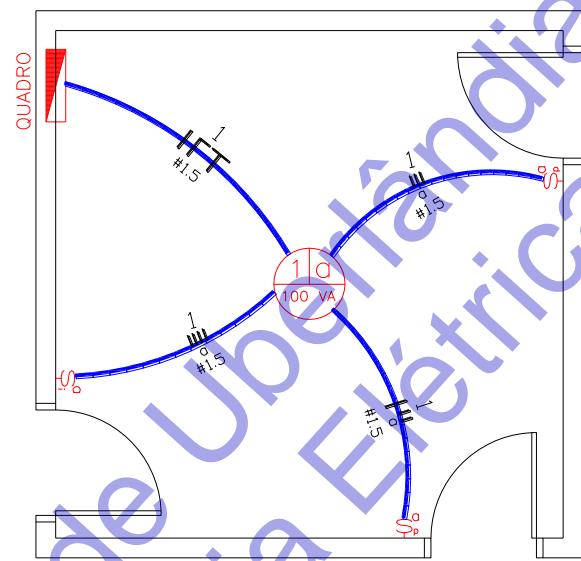
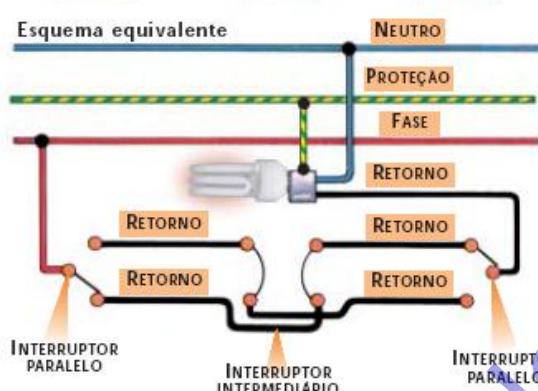
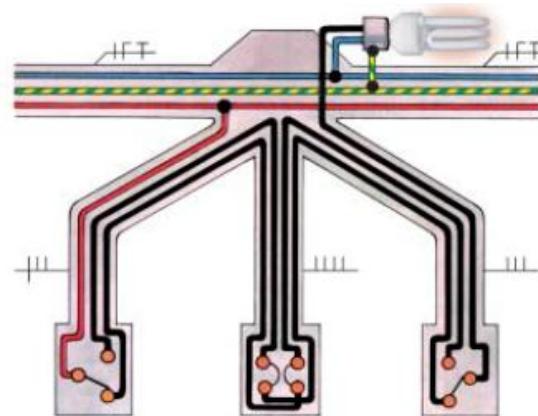
d) Interruptor Paralelo + Intermediário (comando de um ponto de luz por três ou mais pontos)


Figura 12 – Esquema físico e representação de um interruptor intermediário. [7]

5.4 - Dispositivos de Proteção

a) Disjuntores de baixa tensão

Em instalações de baixa tensão, entende-se por disjuntor de BT, ao dispositivo capaz de interromper um circuito, ao comando do operador ou automaticamente, quando percorrido por níveis de corrente superiores à sua corrente nominal, sem que dessa interrupção lhe advenha dano.

Os disjuntores de baixa tensão contêm, basicamente, dois (2) sistemas de proteção:

- o primeiro, que opera para correntes de sobrecarga, é fundamentado na ação mecânica de lâminas bimetálicas, que dispostas em série com o circuito, se curvam quando a corrente que as atravessa supera a corrente nominal, fazendo com que o disjuntor desarme;

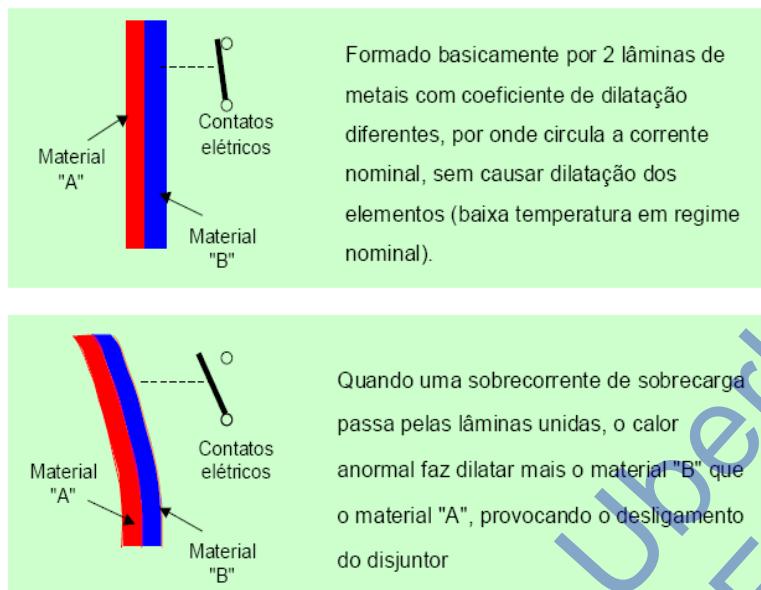


Figura 13 – Disparo por sobrecarga de um disjuntor termomagnético.

- o segundo opera apenas quando elevadas correntes de curto-círcuito atravessam o dispositivo produzindo atração magnética, resultante do campo produzido por essa corrente passante, sobre placas ferromagnéticas dispostas em posições adequadas, fazendo com que o disjuntor desarme.

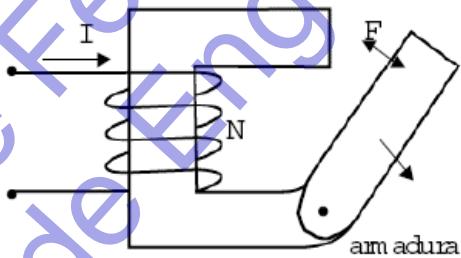


Figura 14 – Disparo magnético por curto-circuito.

Assim, o dispositivo de ação térmica destina-se a interromper sobrecargas relativamente de pequena intensidade e longa duração, pois devido a inércia térmica das lâminas bimetálicas é despendido um certo tempo para aquecer e atuar, enquanto que o dispositivo magnético atua tão logo circule intensidade de corrente suficiente para atrair as placas ferromagnéticas. Note que o rearne do disjuntor depois da operação da proteção térmica só pode ser realizado depois do esfriamento das lâminas bimetálicas, que impedem o engate enquanto estiverem deformadas pela ação do aquecimento que motivou o desligamento.

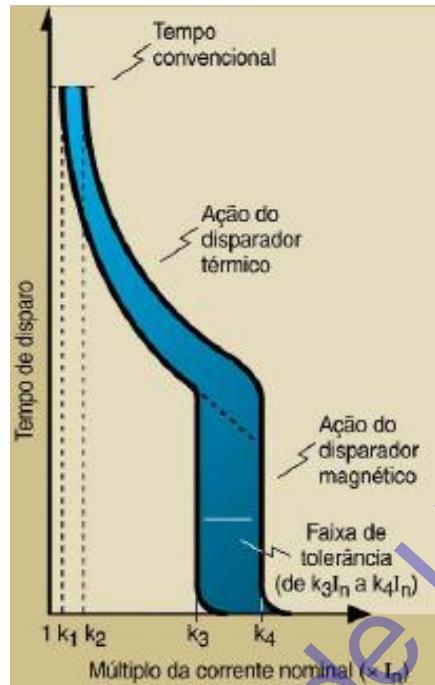


Figura 15 – Característica tempo-corrente típica de disjuntor termomagnético

A curva tempo-corrente de um disjuntor de baixa tensão apresenta após o trecho de característica inversa (quanto maior a corrente menor o tempo de atuação) uma forte inflexão para baixo indicando a operação do sistema de proteção magnético, conforme mostra a Figura 15.

Para aumentar a capacidade disruptiva do disjuntor há, em seu interior, uma câmara de extinção de arco que se presta a confinar, dividir e extinguir o arco elétrico formado entre os contatos do disjuntor imediatamente à abertura mecânica dos contatos.

Características nominais:

- Tensões nominais – Os disjuntores são caracterizados pela tensão nominal de operação, ou tensão nominal de serviço (U_e) e pela tensão nominal de isolamento (U_i)
- Correntes nominais – A corrente nominal (I_n) de um disjuntor é a corrente ininterrupta nominal (I_u) e tem o mesmo valor da corrente térmica convencional ao ar livre.
A norma IEC 60898 considera 30°C como temperatura ambiente de referência e indica os seguintes valores preferenciais de I_n : 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 e 125A.
- Corrente convencional de atuação – É o valor especificado de corrente que provoca a atuação do dispositivo dentro do tempo convencional.

O tempo convencional: 1 hora \leq 63A 2 horas $>$ 63^a

Tabela 13 – Tempos de atuação de disjuntores

Intensidade	Tempo de Atuação
1,13 I_n	$t \geq 1\text{h} (I_n \leq 63\text{A})$
	$t \geq 2\text{h} (I_n > 63\text{A})$
1,45 I_n	$t < 1\text{h} (I_n \leq 63\text{A})$
	$t < 1\text{h} (I_n > 63\text{A})$

Na prática a corrente I_2 é considerada igual à corrente convencional de atuação dos disjuntores.

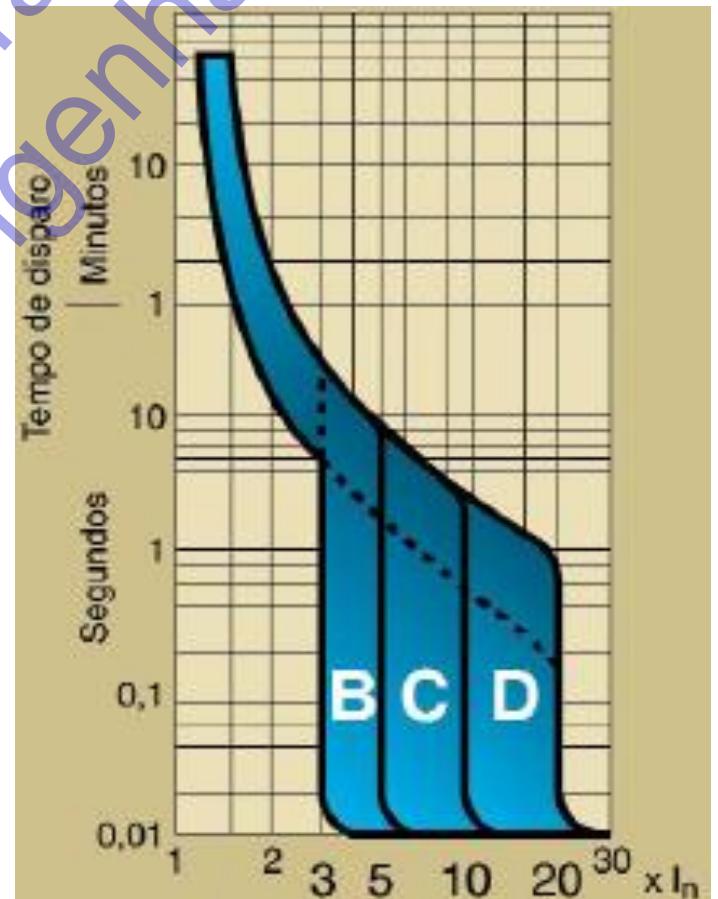
- ☒ Corrente convencional de não atuação – 1,13;
- ☒ Corrente convencional de atuação – 1,45.
- Disparo instantâneo – A IEC 60898 define, para o disparo instantâneo, em geral magnético, as faixas e atuação B, C e D ilustradas na Figura 16:

Figura 16 – Características tempo-corrente de minidisjuntores.

☒ Curva B: tem como característica principal o disparo instantâneo para corrente entre 3 a 5 vezes a corrente nominal. Sendo assim, são aplicados principalmente na proteção de circuitos com características resistivas ou grandes distâncias de cabos envolvidas. Exemplos: lâmpadas incandescentes, chuveiros, aquecedores elétricos, etc.

☒ Curva C: tem como característica o disparo instantâneo para correntes entre 5 a 10 vezes a corrente nominal. Sendo assim, são aplicados para proteção de circuitos com cargas indutivas. Exemplos: lâmpadas fluorescentes, geladeiras, máquinas de lavar, etc.

☒ Curva D: disparo instantâneo para correntes entre 10 a 20 vezes a corrente nominal.



b) Dispositivos a corrente diferencial-residual

Os dispositivos a corrente diferencial-residual, abreviadamente dispositivos DR, constituem-se no meio mais eficaz de proteção das pessoas (e dos animais domésticos) contra choques elétricos, sendo largamente utilizados hoje em quase todos os países do mundo. São o único meio “ativo” de proteção contra contatos diretos e, na grande maioria dos casos, o meio mais adequado para proteção contra contatos indiretos. Por outro lado, podem exercer proteção contra incêndios e também constituir-se em “vigilantes” da qualidade da instalação.

O dispositivo DR detecta a soma fasorial das correntes que percorrem os condutores vivos de um circuito em um determinado ponto do circuito, isto é, a corrente diferencial-residual (I_{DR}) no ponto considerado, provoca a interrupção do circuito quando I_{DR} ultrapassa um valor preestabelecido, chamado de corrente diferencial-residual nominal de atuação ($I_{\Delta n}$).

Os seguintes circuitos devem ser objeto de proteção adicional por dispositivos DR de alta sensibilidade (corrente diferencial-residual $\leq 30 \text{ mA}$):

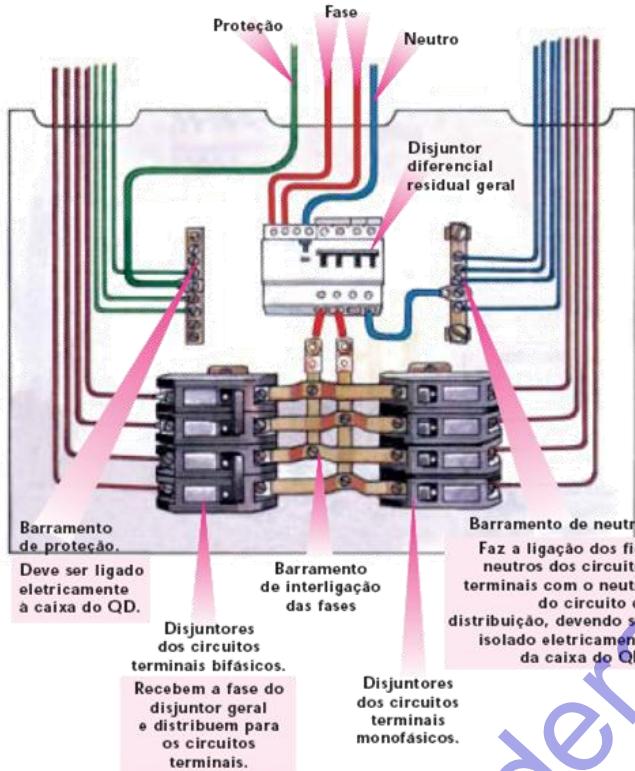


Figura 17 – Ilustração do sistema de atuação do DR.

- Circuitos que sirvam pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro;
- Circuitos que alimentam tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;
- Circuitos residenciais que sirvam pontos de utilização situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;
- Circuitos em edificações não-residenciais que sirvam pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

6 - Quadro de Distribuição

Figura 18 – Ilustração de um quadro de distribuição. [7]



Quadro de distribuição (QD) é o equipamento elétrico destinado a receber energia elétrica através de uma ou mais alimentações, e distribuí-la a um ou mais circuitos, podendo também desempenhar funções de proteção, seccionamento, controle e/ou medição. Sua localização deve ser em lugar de fácil acesso e, de preferência, próximo ao centro de carga. Depois de feita a previsão de carga da instalação (luz e tomadas), conforme prescrito

no item 3 desta apostila, o local ideal para a localização do QD pode ser determinado através do cálculo do centro de carga.

Assim temos:

Centro de carga na direção do eixo x (CCx):

$$CC_x = \frac{S1.x1 + S2.x2 + \dots + Sn.xn}{S1 + S2 + \dots + Sn} \quad \text{Exp. (7)}$$

Onde $S1, S2 \dots$ e Sn são as potências aparentes (em VA) de cada carga ou grupo de cargas e $x1, x2 \dots$ e xn as suas respectivas coordenadas em relação ao eixo x.

Analogamente, temos:

Centro de carga na direção do eixo y (CCy):

$$CC_y = \frac{S1.y1 + S2.y2 + \dots + Sn.yn}{S1 + S2 + \dots + Sn} \quad \text{Exp. (8)}$$

Os resultados da equação revelam que a posição ideal do quadro estará na coordenada $(CC_x, CC_y)m$.

Uma vez localizado tecnicamente o ponto ideal de instalação do quadro, e reconhecendo que essa instalação no ponto exato, pode ser impraticável, ele deve ser então instalado o mais próximo possível desse ponto.

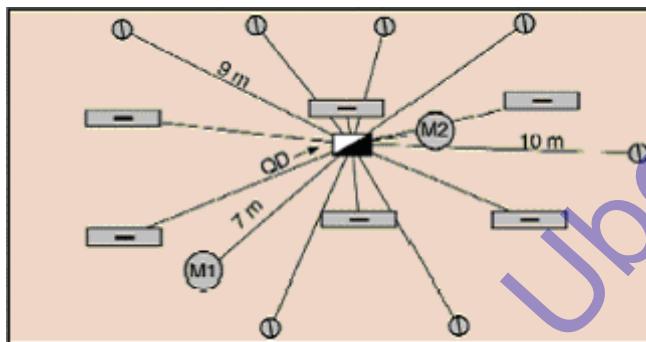


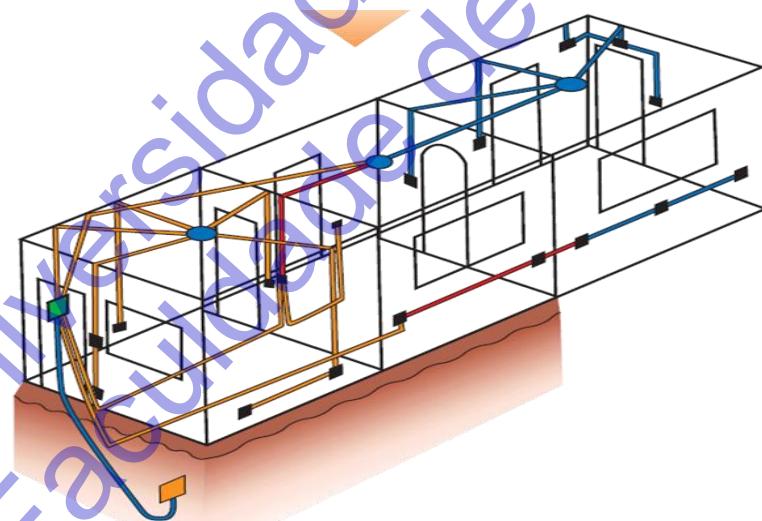
Figura 19 – Quadro no ponto ideal [7].

É importante também considerar aspectos estéticos e proximidade com o medidor ou prumadas.



Figura 20 – Foto de quadro de material termoplástico da Siemens

Figura 21 – Malha de eletrodutos formando as linhas elétricas.[7]



distâncias entre os pontos de ligação.

Após a locação do quadro de distribuição, deve-se prover a ligação dos pontos de consumo (pontos de luz e tomada) ao mesmo. Esta conexão é realizada por eletrodutos partindo do quadro, traçando seu caminho de forma a encurtar as

7 - Fornecimento de energia elétrica – Edificações individuais

O fornecimento de energia elétrica em tensão secundária, a edificações individuais, a partir das redes de distribuição aéreas, bem como o estabelecimento de requisitos mínimos para as entradas de serviço destas edificações é de responsabilidade da concessionária de serviços de eletricidade do estado onde se encontra a edificação. Em Minas Gerais esta tarefa está a cargo da CEMIG, cabendo à ND 5.1 [5] a normalização deste tipo de consumidor.

7.1 - Definições

As figuras abaixo, retiradas da ND 5.1, ilustram algumas das definições relativas aos consumidores individuais e presentes na ND 5.1.

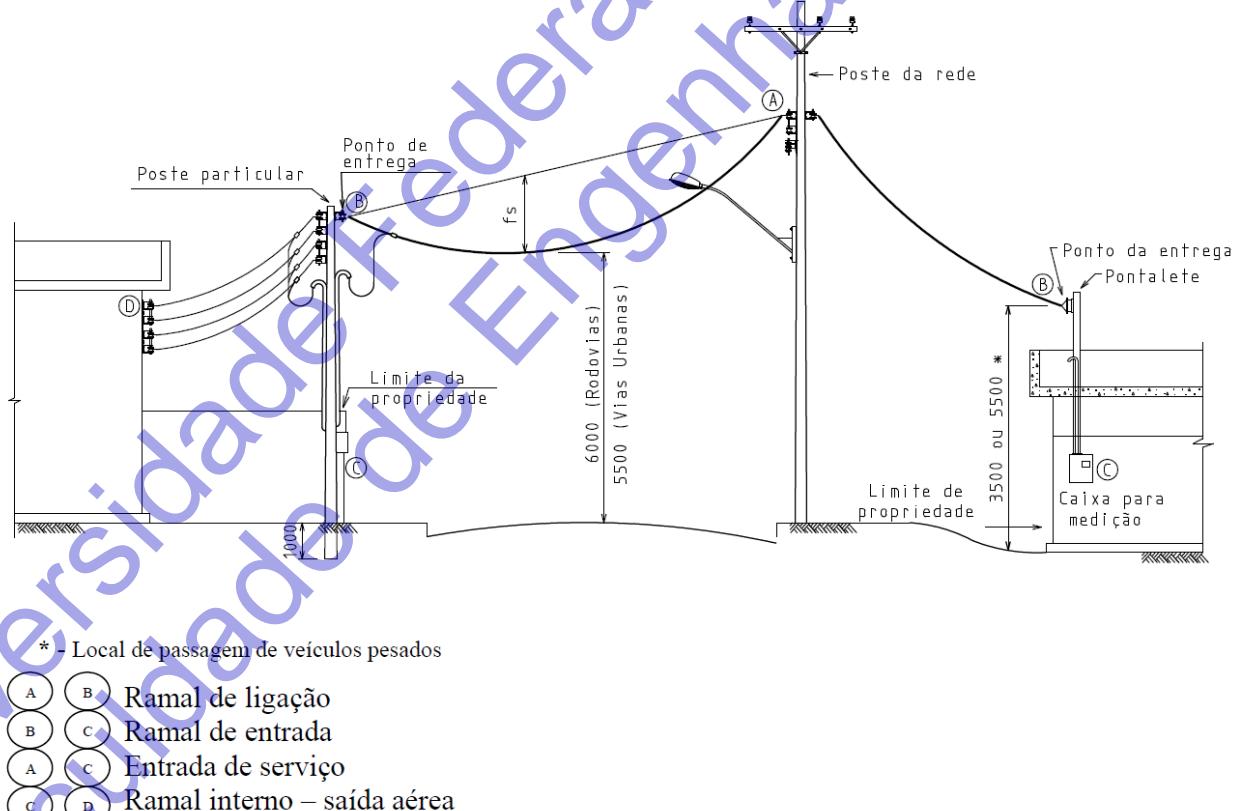


Figura 22 – Ramal de ligação, ponto de entrega e caixa de medição.

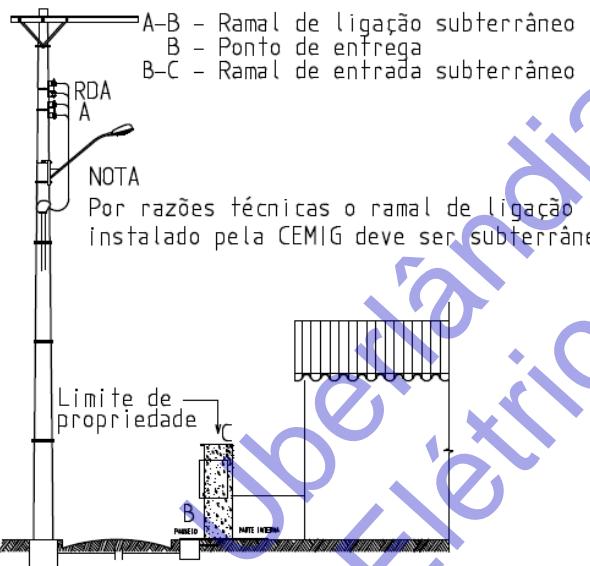
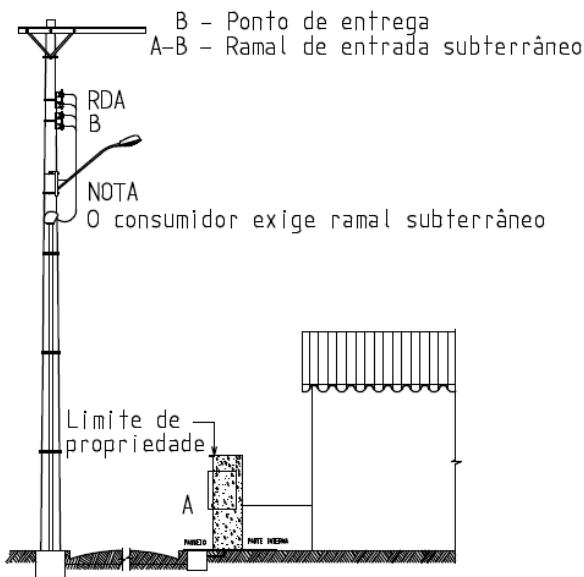


Figura 23 – Ramal de entrada subterrâneo.

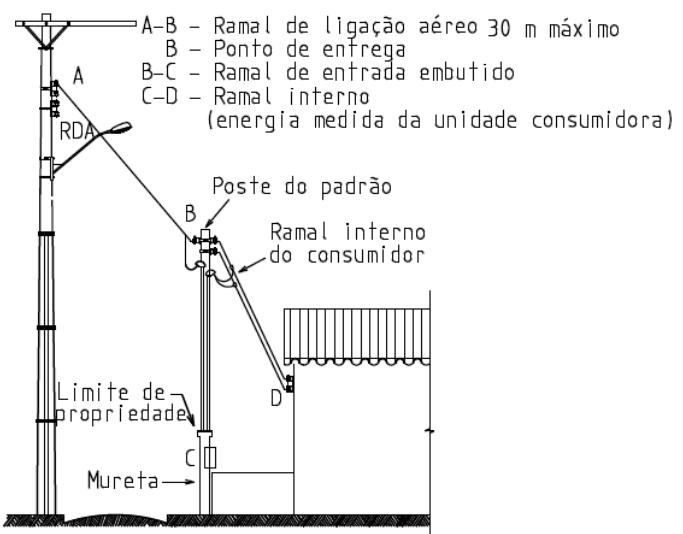
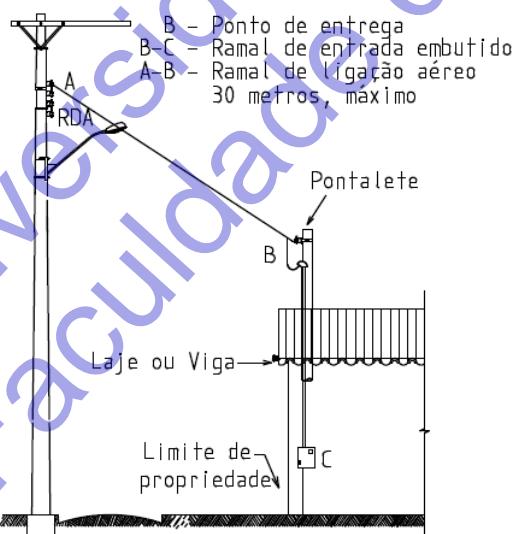
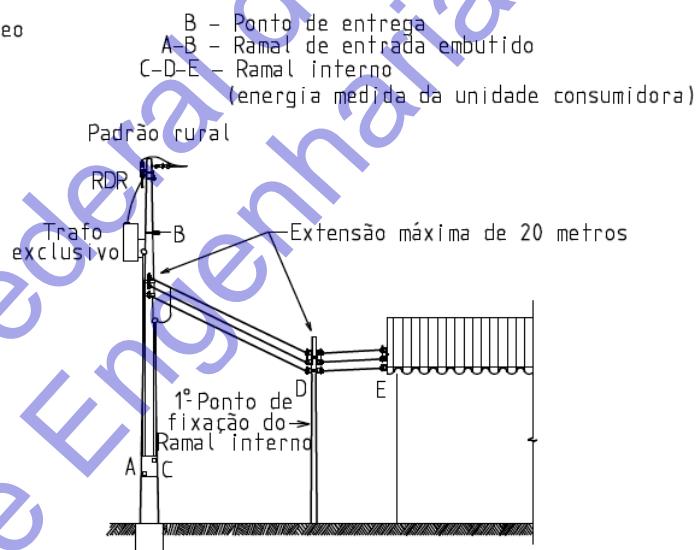
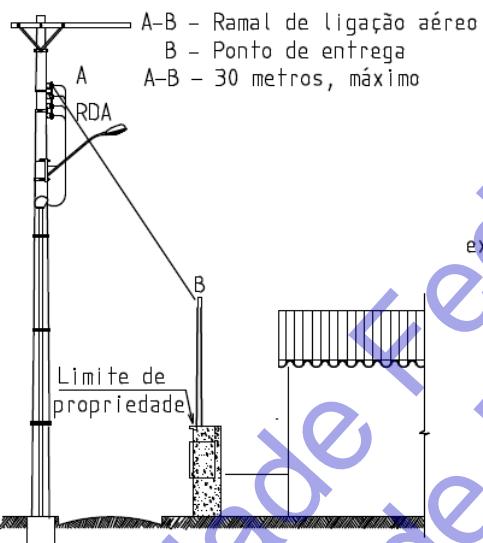


Figura 24 – Ramal de ligação aéreo.

**a) Consumidor**

É a pessoa física ou jurídica, ou comunhão de fato ou de direito legalmente representada, que solicitar à Cemig o fornecimento de energia elétrica e assumir expressamente a responsabilidade pelo pagamento das contas e pelas demais obrigações regulamentares e contratuais.

b) Unidade consumidora

São as instalações de um único consumidor, caracterizadas pela entrega de energia elétrica em um só ponto, com medição individualizada.

c) Edificação Individual

É toda e qualquer construção, reconhecida pelos poderes públicos, contendo uma única unidade consumidora.

d) Edificação de Uso Coletivo

É toda e qualquer construção, reconhecida pelos poderes públicos, constituída por duas ou mais unidades consumidoras, cujas áreas comuns, com consumo de energia sejam juridicamente de responsabilidade do condomínio.

e) Limite de Propriedade

São as demarcações e delimitações evidentes que separam a propriedade do consumidor da via pública e dos terrenos adjacentes de propriedade de terceiros, no alinhamento designado pelos poderes públicos.

f) Ramal de Ligação

É o conjunto de condutores e acessórios instalados pela CEMIG entre o ponto de derivação da rede secundária e o ponto de entrega. A instalação dos ramais de ligação é feita exclusivamente pela



CEMIG, a partir da estrutura da rede por ela designada, de acordo com as prescrições estabelecidas para cada tipo de ramal.

Toda unidade consumidora deve ser atendida através de um único ramal de ligação.

Ramal de Ligação Aéreo

Na instalação do ramal de ligação aéreo devem ser observadas as seguintes condições:

- O ramal de ligação poderá entrar por qualquer lado da edificação desde que não corte terreno de terceiros e que seja de fácil acesso para as equipes de construção, manutenção e operação da Cemig.
- Os condutores do ramal devem ser instalados de forma a se obter as seguintes distâncias mínimas, medidas na vertical entre o ponto de maior flecha e o solo (Figura 22):
 - vias públicas com trânsito de veículos e entradas de garagem de veículos pesados: 5,50m
 - vias públicas exclusivas de pedestres (passeios) e entradas de garagem de automóveis: 3,50m
 - em áreas rurais, vias exclusivas de pedestre: 5,50m
- O comprimento máximo do ramal de ligação é 30m medidos a partir da base do poste da CEMIG até o ponto de entrega.
- A extensão máxima do ramal dentro da propriedade deve ser de 5m.
- Na instalação do ramal, é exigido que seus condutores:
 - não cortem terrenos de terceiros;
 - não passem sobre áreas construídas;
 - não sejam acessíveis de janelas, sacadas, telhados, terraços e escadas, devendo manter sempre um afastamento mínimo de 1,20m desses pontos na horizontal, e 3,50m acima na vertical ou 0,5 abaixo na vertical;
 - mantenham afastamento de fios e cabos de telefonia não inferior a 0,50m.

g) Padrão de Entrada

É a instalação compreendendo o ramal de entrada, poste ou pontalete particular, caixas, dispositivo de proteção, aterramento e ferragens, de responsabilidade do consumidor, preparada de forma a permitir a ligação da unidade consumidora à rede da CEMIG.

**h) Ramal de Entrada**

É o conjunto de condutores e acessórios instalados pelo consumidor entre o ponto de entrega e a medição ou proteção.

i) Ramal Interno

É o conjunto de condutores e acessórios instalados internamente as unidades consumidoras, a partir da medição ou proteção do padrão de entrada.

j) Ponto de Entrega

É o ponto até o qual a concessionária se obriga a fornecer energia elétrica, com participação nos investimentos necessários, bem como, responsabilizando-se pela execução dos serviços de operação e de manutenção do sistema, não sendo necessariamente o ponto de medição. Portanto, o ponto de entrega corresponde à conexão do ramal de entrada do consumidor ao sistema elétrico da CEMIG. Este é identificado de acordo com as seguintes situações:

Ramal de Ligação Aéreo

O ponto de entrega está situado junto ao poste ou pontalete do consumidor ou junto à parede da edificação, e é representado pela conexão entre os condutores do ramal de entrada embutido e do ramal de ligação aéreo (pingadouro), conforme ilustrado pela Figura 24.

Ramal de Ligação Subterrâneo

Neste caso, o ponto de entrega está situado na caixa de inspeção instalada pelo consumidor no passeio público, junto à divisa da propriedade e é representado pela conexão entre os condutores dos ramais de entrada e de ligação subterrâneos, conforme ilustrado pela Figura 23 (direita).

Ramal de Entrada Subterrâneo

Devido à ausência do ramal de ligação subterrâneo, o ponto de entrega localiza-se na estrutura da rede de derivação da CEMIG, sendo representado pela conexão entre os condutores deste ramal e os condutores da rede secundária, conforme ilustrado pela Figura 23 (esquerda).

Transformador Exclusivo para Consumidor Situado em Área Rural

Neste tipo de fornecimento o ponto de entrega corresponde às conexões dos condutores do ramal de entrada às buchas de baixa tensão do transformador, conforme ilustrado pela Figura 24.

k) Caixa para Medição Direta

São caixas destinadas à instalação do medidor de energia e do dispositivo de proteção (caixas monofásicas (CM-1) e polifásicas (CM-2)). As caixas CM-13 (monofásica) e CM-14 (polifásica) são caixas para medição direta que permitem a leitura do medidor diretamente do passeio público, sendo o dispositivo de proteção acessível somente pelo interior da propriedade.



Figura 25 – Caixa CM-14 e CM-2, respectivamente.

l) Caixa para Medição Indireta (CM-3)

É a caixa destinada à instalação do medidor de energia, do dispositivo de proteção e dos transformadores de corrente (TC).

m) Medição Direta

É a medição de energia, efetuada através de medidores conectados diretamente aos condutores do ramal de entrada.

**n) Medição Indireta**

É a medição de energia, efetuada com auxílio de transformadores de corrente.

o) Chave de Aferição

É um dispositivo que possibilita a retirada do medidor do circuito sem interromper o fornecimento, que, ao mesmo tempo, coloca em curto circuito o secundário dos transformadores de corrente e abre o secundário dos transformadores de potencial.

p) Caixa de Inspeção

É o compartimento enterrado, com dimensões insuficientes para pessoas trabalharem em seu interior, intercalada em uma ou mais linhas de dutos convergentes.

q) Carga Instalada (kW)

É o somatório das potências nominais dos equipamentos elétricos de uma unidade consumidora que, após a conclusão dos trabalhos de instalação, estarão em condições de entrar em funcionamento.

r) Demanda (kVA)

É a média das potências elétricas instantâneas solicitadas por uma unidade consumidora, durante um período especificado.

s) Interligação ou Ligação Clandestina

É a extensão das instalações elétricas de uma unidade consumidora a outra ou da rede, à revelia da CEMIG.

7.2 - Tensões de fornecimento

O fornecimento de energia é efetuado em uma das seguintes tensões secundárias de baixa tensão:

- 127/220V, sistema trifásico, estrela com neutro multi-aterrado, frequência 60 Hz;
- 127/254V, sistema bifásico com neutro multi-aterrado, frequência 60 Hz.



7.3 - Limites de fornecimento

As unidades consumidoras **individuais** que apresentarem carga instalada igual ou inferior a 75 kW, o fornecimento de energia deve ser sempre efetuado em tensão secundária de distribuição conforme a Norma ND-5.1 [5]. Nestes termos a citada norma se aplica aos seguintes casos

- Edificações individuais, com carga instalada igual ou inferior a 75 kW, classificadas como tipo A, B, C, D, E, F, G, H, I e J em função da localização e/ou carga instalada;
- Edificações individuais com carga instalada superior a 75kW e demanda até 327kVA e que optem por atendimento em baixa tensão; o pedido do consumidor deverá ser por escrito e deverá ser apresentado projeto elétrico; estas unidades consumidoras serão atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V);
- Conjunto de unidades consumidoras em edificações sem áreas comuns de circulação que serão atendidas, portanto, por ramais de ligação e/ou de entrada individuais de acordo com o ANEXO C.

As unidades com carga instalada superior ao limite estabelecido terão o fornecimento em tensão primária de distribuição, de acordo com a ND-5.3.

7.4 - Tipos de fornecimento

Os tipos de fornecimento são definidos em função da carga instalada, da demanda, do tipo de rede e local onde estiver situada a unidade consumidora. Desta forma, os consumidores individuais são classificados de acordo com os seguintes Tipos:

a) Tipo A: Fornecimento de energia a 2 fios (Fase + Neutro)

Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220 V), com carga instalada até 10 kW e da qual não constem:

- motores monofásicos com potência nominal superior a 2 cv;
- máquina de solda a transformador com potência nominal superior a 2 kVA.

**b) Tipo B: Fornecimento de energia a 3 fios (2 Fases + Neutro)**

Unidades consumidoras situadas em áreas urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220 V) que não se enquadram no fornecimento tipo A, com carga instalada entre 10,1 kW e 15 kW e da qual não constem:

- os aparelhos vetados ao fornecimento tipo A, se alimentados em 127 V;
- motores monofásicos, com potência nominal superior a 5 cv, alimentados em 220 V;
- máquina de solda a transformador, com potência nominal superior a 9 kVA, alimentada em 220 V.

c) Tipo C: Fornecimento de energia a 4 fios (3 Fases + Neutro)

Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais a serem atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220 V), com carga instalada entre 15,1 kW e 75,0 kW, que não se enquadram nos fornecimentos tipo A e B e da qual não constem:

- os aparelhos vetados aos fornecimentos tipo A, se alimentados em 127 V;
- motores monofásicos com potência nominal superior a 5 cv, alimentados em 220 V;
- motores de indução trifásicos com potência nominal superior a 15 cv.

OBS: Na ligação de motores de indução trifásicos com potência nominal superior a 5cv, devem ser utilizados dispositivos auxiliares de partida.

- máquina de solda tipo motor-gerador, com potência nominal superior a 30 kVA;
- máquina de solda a transformador, com potência nominal superior a 15 kVA, alimentada em 220 V - 2 fases ou 220 V - 3 fases em ligação V-v invertida.
- máquina de solda a transformador, com potência nominal superior a 30 kVA e com retificação em ponte trifásica, alimentada em 220 V-3 fases.

NOTA: A ligação de cargas, com características elétricas além dos limites estabelecidos para este tipo de fornecimento, somente poderá ser efetuada após liberação prévia da CEMIG, que analisará suas possíveis perturbações na rede de distribuição e unidades consumidoras vizinhas.

d) Tipo D : Fornecimento de Energia a 3 Fios (2 Fases + Neutro)

Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais a serem atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220 V) ou redes secundárias bifásicas (127/254 V), com carga instalada até 10 kW, mas que têm carga bifásica e terão seu fornecimento de energia a 3 fios a pedido do consumidor e da qual não constem:

- carga monofásica superior a 2,54kW para o fornecimento tipo D1;



- carga monofásica superior a 5,08kW para o fornecimento tipo D2;
- carga monofásica superior a 7,62kW para o fornecimento tipo D3;
- os aparelhos vetados ao fornecimento tipo B.

e) Tipo E: Fornecimento de Energia a 4 Fios (3 Fases + Neutro)

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas urbanas ou rurais a serem atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220 V), com carga instalada até 15 kW, mas que têm carga trifásica e terão o seu fornecimento de energia elétrica a 4 fios a pedido do consumidor e da qual não constem:

- carga monofásica superior a 1,90 kW para o fornecimento tipo E1;
- carga monofásica superior a 3,81 kW para o fornecimento tipo E2;
- carga monofásica superior a 4,45 kW para o fornecimento tipo E3;
- os aparelhos vetados ao fornecimento tipo C.

f) Tipo F: Fornecimento de Energia a 3 fios (2 Fases + Neutro)

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas rurais, obrigatoriamente atendidas por redes de distribuição secundárias bifásicas, com transformadores exclusivos (secundário 127/254V), com carga instalada até 37,5kW e da qual não constem:

- os aparelhos vetados aos fornecimentos tipo A, se alimentados em 120V;
- motores monofásicos com potência nominal superior a 10cv, alimentados em 220V (mesmo que a unidade consumidora esteja nas faixas F2 a F5).

OBS: Motores monofásicos com potências nominais de 12,5 cv e 15 cv poderão ser ligados neste tipo de fornecimento, desde que utilizados os dispositivos auxiliares de partida.

g) Tipo G: Fornecimento de Energia a 4 Fios (3 Fases + Neutro)

Abrange as unidades consumidoras situadas em áreas rurais, obrigatoriamente atendidas por redes de distribuição trifásicas rurais de média tensão e com transformadores trifásicos exclusivos (127/220 V), com carga instalada até 75 kW e da qual não constem:

- motores de indução trifásicos com potência nominal superior a 50cv;
- motores monofásicos com potência nominal superior a 10cv, alimentados em 220V;

OBS: Motores trifásicos com potências nominais de 60cv e 75cv bem como motores monofásicos com potências nominais de 12,5 cv e 15cv poderão ser ligados neste tipo de fornecimento, desde que utilizados os dispositivos auxiliares de partida.

- máquinas de solda vetadas ao fornecimento Tipo C.

**h) Tipo H: Fornecimento de Energia a 4 Fios (3 Fases + Neutro)**

Abrange as unidades consumidoras individuais com carga instalada superior a 75kW e demanda até 327kVA situadas em ares urbanas ou rurais da qual não constem as cargas vetadas para o fornecimento tipo C e que optem por atendimento em baixa tensão. O pedido do consumidor deverá ser por escrito e deverá ser apresentado projeto elétrico; estas unidades consumidoras serão atendidas por redes de distribuição secundárias trifásicas (127/220V).

i) Tipo I: Fornecimento de energia a 2 fios (Fase + Neutro)

Abrange as unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias bifásicas (127/254 V), com carga instalada até 10 kW e da qual não constem:

- motores monofásicos com potência nominal superior a 2 cv;
- máquina de solda a transformador com potência nominal superior a 2 kVA.

j) Tipo J: Fornecimento de Energia a 3 Fios (2 Fases + Neutro)

Unidades consumidoras situadas em áreas urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias bifásicas (127/254 V) com carga instalada entre 10,1 kW e 37,5 kW e da qual não constem:

- os aparelhos vetados aos fornecimentos tipo C, se alimentados em 127V;
- motores monofásicos com potência nominal superior a 5cv, alimentados em 220V.

NOTA: A ligação de motores monofásicos de 7,5cv e 10cv neste tipo de fornecimento somente poderá ser efetuada após liberação prévia da CEMIG, que analisará suas possíveis perturbações na rede de distribuição e nas unidades consumidoras vizinhas.

A tabela abaixo resume os tipos de fornecimento ofertados pela CEMIG em baixa tensão.



Tabela 14 – Classificação das unidades consumidoras individuais.

Tipo	Consumidor	Fornecimento	Limite Cl	Restrições
A	Urbano ou rural ¹	2 fios Fase + Neutro	$\leq 10 \text{ kW}$	<ul style="list-style-type: none">– Motores monofásicos > 2 cv;– Solda a transformador > 2 kVA.
B	Urbano ou rural ¹	3 fios 2 Fases + Neutro	$> 10,1 \text{ kW e} \\ \leq 15 \text{ kW}$	<ul style="list-style-type: none">– Mesmos aparelhos do tipo A se alimentados em 127 V;– Motores monofásicos > 5 cv (220 V);– Solda a transformador > 9 Kva (220 V).
C	Urbano ou rural ¹	4 fios 3 Fases + Neutro	$> 15,1 \text{ kW e} \\ \leq 75 \text{ kW}$	<ul style="list-style-type: none">– Mesmos aparelhos do tipo A se alimentados em 127 V;– Motores monofásicos > 5 cv (220 V);– Motores de indução trifásicos >15cv.– Solda tipo motor-gerador > 30 kVA– Solda a transformador > 15 KVA (2 fases)– Solda a transf. com ret. em ponte > 30 kVA (3 fases).
D	Urbano ou rural ² (a pedido)	3 fios 2 Fases + Neutro	Até 10 kW (não enquadrados no tipo B ou I)	<ul style="list-style-type: none">– Carga monofásica >2,54 kW (tipo D1);– Carga monofásica >5,08 kW (tipo D2);– Carga monofásica >7,62 kW (tipo D3);– Aparelhos vetados no tipo B.
E	Urbano ou rural ¹ (pedido)	4 fios 3 Fases + Neutro	$\leq 15 \text{ kW (não enquadrados no tipo C)}$	<ul style="list-style-type: none">– Carga monofásica >1,9 kW (tipo E1);– Carga monofásica >3,81 kW (tipo E2);– Carga monofásica >4,45 kW (tipo E3);– Carga monofásica >5,08 kW (tipo E4);– Carga monofásica >6,35 kW (tipo E5);– Aparelhos vetados no tipo C.
F	Rural ³	3 fios 2 Fases + Neutro	$\leq 37,5 \text{ kW}$	<ul style="list-style-type: none">– Aparelhos vetados no tipo A, se em 120 V;– Motores monofásicos >10cv (240 V), exceto p/ faixa 1.
G	Rural ⁴	4 fios 3 Fases + Neutro	$\leq 75 \text{ kW}$	<ul style="list-style-type: none">– Motores de indução trifásicos >50 cv;– Motores monofásicos >10 cv (220 V);– Máquinas de solda vetadas no tipo C.
H	Urbano ou rural ¹ (a pedido)	4 fios 3 Fases + Neutro	Demanda entre 75,1 e 327 kVA	<ul style="list-style-type: none">– Pedido deve ser por escrito;– Projeto elétrico.
I	Urbano ou rural ⁵	2 fios Fase + Neutro	$\leq 10 \text{ kW}$	<ul style="list-style-type: none">– Motores monofásicos >2 cv;– Máquina de solda à transformador >2 kVA.
J	Urbano ou rural ⁵	3 fios 2 Fases + Neutro	$\geq 10,1 \text{ kW e} \\ \leq 37,5 \text{ kW}$	<ul style="list-style-type: none">– Aparelhos vetados no tipo C (127 V);– Motores monofásicos >5 cv (220 V).

1 – Atendido por redes secundárias trifásicas;

2 – Atendido por redes secundárias trifásicas ou bifásicas;

3 – Atendido por redes de distribuição bifásica rurais de média tensão, com transformadores exclusivos

4 – Atendido por redes de distribuição trifásicas rurais de média tensão, com transformadores trifásicos exclusivos.

5 – Atendido por redes secundárias bifásicas.



7.5 - Determinação da carga instalada

Para definição do tipo de fornecimento, o consumidor deve determinar a carga total instalada na unidade consumidora considerando:

- A soma das potências ativas (em kW) dos aparelhos de iluminação, aquecimento, eletrodomésticos, refrigeração, motores e máquinas de solda que possam ser ligados em sua unidade consumidora;
- Os aparelhos com previsão de serem adquiridos e instalados futuramente podem, também, ser computados no cálculo, a critério do consumidor, visando dimensionar a entrada de serviço já considerado o aumento de carga da unidade consumidora;
- Não é necessário considerar a potência dos aparelhos de reserva.
- Quando o consumidor não dispuser das potências de seus aparelhos, podem ser considerados os valores médios indicados nas [Tabela 8](#) e [9](#), presentes no item 3.4 desta apostila.
- A concessionária definirá o tipo de fornecimento às unidades consumidoras rurais, considerando a carga declarada pelos consumidores;
- No caso das unidades consumidoras urbanas, cuja carga instalada seja superior a 15 kW, o fornecimento deve ser a 4 fios, sendo a entrada de serviço dimensionada pela demanda, conforme item 7.6 desta apostila.

7.6 - Cálculo da Demanda de Edificações Individuais

O dimensionamento da entrada de serviço das unidades consumidoras urbanas com carga instalada superior a 15 kW deve ser feito pela demanda provável da edificação, cujo valor pode ser igual ou inferior a sua carga instalada.

O consumidor pode determinar a demanda de sua edificação, considerando o regime de funcionamento de suas cargas, ou alternativamente, solicitar à CEMIG o cálculo da demanda de acordo com a ND-5.1. De acordo com esta norma a demanda (D) é determinada pela expressão:

$$D = a + b + c + d + e + f \text{ [kVA]}$$

Exp. (9)



Onde:

a = demanda referente à iluminação e tomadas (Tabelas 12 e 13 da ND-5.1; [Tabelas 15 e 16](#) desta apostila);

b = demanda relativa aos aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento. Os fatores de demanda dados pelas Tabelas 17 e 18 da ND-5.1 ([Tabela 17 e 18](#) desta apostila), devem ser aplicados, separadamente, à carga instalada dos seguintes grupos de aparelhos:

- b₁: chuveiros, torneiras e cafeteiras elétricas;
- b₂: aquecedores de água por acumulação e por passagem;
- b₃: fornos, fogões e aparelhos tipo "Grill";
- b₄: máquinas de lavar e secar roupas, máquinas de lavar louças e ferro elétrico;
- b₅: demais aparelhos (TV, conjunto de som, ventilador, geladeira, freezer, torradeira, liquidificador, batedeira, exaustor, etc.).

c = demanda dos aparelhos condicionadores de ar, determinada pela [Tabela 18](#):

No caso de condicionador central de ar, utilizar fator de demanda igual a 100%.

d = demanda de motores elétricos (Tabelas 19 e 20 da ND-5.1; [Tabelas 19 e 20](#) desta apostila);

e = demanda de máquinas de solda e transformador, determinada por:

- 100% da potência do maior aparelho;
- 70% da potência do segundo maior aparelho;
- 40% da potência do terceiro maior aparelho;
- 30% da potência dos demais aparelhos.

No caso de máquina de solda a transformador com ligação V-v invertida, a potência deve ser considerada em dobro.

f = demanda dos aparelhos de Raios-X, determinada por:

- 100% da potência do maior aparelho;
- 10% da potência dos demais aparelhos.

As tabelas apresentadas na sequência foram retiradas da ND 5.1 e são relativas ao cálculo de demanda de consumidores individuais.

Tabela 15 – Fatores de demanda para iluminação e tomadas de uso geral de unidades consumidoras residenciais

Carga Instalada (kW)	Fator de Demanda
CI ≤ 1	0,86
1 < CI ≤ 2	0,81
2 < CI ≤ 3	0,76
3 < CI ≤ 4	0,72
4 < CI ≤ 5	0,68
5 < CI ≤ 6	0,64
6 < CI ≤ 7	0,60
7 < CI ≤ 8	0,57
8 < CI ≤ 9	0,54
9 < CI ≤ 10	0,52
CI > 10	0,45

(*) Conforme ND-5.1:2009, Capítulo 7, pg. 15

Nota: É recomendável que a previsão de cargas de iluminação e o número de tomadas, feita pelo consumidor, atenda as prescrições da NBR 5410.



Tabela 16 – Fatores de demanda para iluminação e tomadas unidades consumidoras não residenciais

Descrição	Fator de demanda (%)
Auditórios, Salões para exposições, Cinemas e Semelhantes	100
Bancos, Lojas e Semelhantes	100
Barbearias, Salões de Beleza e Semelhantes 100	100
Clubes e Semelhantes	100
Escolas e Semelhantes	100 para os primeiros 12 kVA 50 para o que exceder 12 kVA
Escritórios e Salas Comerciais	100 para os primeiros 20 kVA 70 para o que exceder 20 kVA
Garagens Comerciais e Semelhantes	100
Restaurantes, Bares, Padarias e Semelhantes.	100
Clínicas, Hospitais e Semelhantes	40 para os primeiros 50 kVA 20 para o que exceder 50 kVA
Igrejas, Templos e Semelhantes	100
Hotéis e Semelhantes	50 para os primeiros 20 kVA 40 para o que exceder 20 kVA
Oficinas, Indústrias e Semelhantes	100 para os primeiros 20 kVA 80 para o que exceder 20 kVA
Áreas comuns e condomínios**	100 para os primeiros 10 kVA 25 para o que exceder 10 kVA

(*) Conforme ND-5.1:2009, Capítulo 7, pg. 15 (***) Conforme ND-5.2:2009, Capítulo 6, pg. 15

Tabela 17 – Fatores de demanda de fornos e fogões elétricos.

Número de Aparelhos	Fator de Demanda %	
	Potência até 3,5 kW	Potência superior a 3,5 kW
1	80	80
2	75	65
3	70	55
4	66	50
5	62	45
6	59	43
7	56	40
8	53	36
9	51	35
10	49	34

(*) Conforme ND-5.1:2009, Capítulo 7, pg. 16

Tabela 18 – Fatores de demanda de aparelhos eletrodomésticos, de aquecimento, de refrigeração e condicionadores de ar.

Número de aparelhos	Fator de Demanda %	Número de aparelhos	Fator de Demanda %
1	100	16	43
2	92	17	42
3	84	18	41
4	76	19	40
5	70	20	40
6	65	21	39
7	60	22	39
8	57	26	39
9	54	24	38
10	52	25	38
11	49	26 a 30	37
12	48	31 a 40	36
13	46	41 a 50	35
14	45	51 a 60	34
15	44	61 ou mais	33

(*) Conforme ND-5.1:2009, Capítulo 7, pg. 16

Notas:

- 1 - Aplicar os fatores de demanda à carga instalada determinada por grupo de aparelhos, separadamente;
- 2 - Considerar kW = kVA (fator de potência unitário) para os aparelhos de aquecimento;
- 3 - No caso de hotéis, o consumidor deve verificar a conveniência de aplicação desta tabela ou de fator de demanda igual 100%.



Tabela 19 – Demanda individual de motores monofásicos.

Eixo - cv	Valores Nominais do Motor				Demanda Individual Absorvida da Rede - kVA			
	Potência Absorvida - kW	cosφ	η	Corrente (220 V) - A	1 Motor (I)	2 Motores (II)	3 a 5 Motores (III)	mais de 5 Motores (IV)
1/4	0,39	0,63	0,47	2,8	0,62	0,50	0,43	0,37
1/3	0,52	0,71	0,47	3,3	0,73	0,58	0,51	0,44
1/2	0,66	0,72	0,56	4,2	0,92	0,74	0,64	0,55
3/4	0,89	0,72	0,62	5,6	1,24	0,99	0,87	0,74
1,0	1,10	0,74	0,67	6,8	1,49	1,19	1,04	0,89
1,5	1,58	0,82	0,70	8,8	1,93	1,54	1,35	1,16
2,0	2,07	0,85	0,71	11	2,44	1,95	1,71	1,46
3,0	3,07	0,96	0,72	15	3,20	2,56	2,24	1,92
4,0	3,98	0,94	0,74	19	4,15	3,32	2,91	2,49
5,0	4,91	0,94	0,75	24	5,22	4,18	3,65	3,13
7,5	7,46	0,94	0,74	36	7,94	6,35	5,56	4,76
10,0	9,44	0,94	0,78	46	10,04	8,03	7,03	6,02
12,5	12,10	0,93	0,76	59	13,01	10,41	9,11	7,81

(*) Conforme ND-5.1:2009, Capítulo 7, pg. 17

Notas:

1 - O fator de potência e rendimento são valores médios, referidos a 3600 rpm.

2 - Exemplo de aplicação da Tabela:

$$\left. \begin{array}{l} \text{- 2 motores de 1/2CV} \\ \text{- 4 motores de 1,0 CV} \\ \text{- 1 motor de 2,0 CV} \end{array} \right\} \text{Coluna IV (mais de 5 motores)} \quad \left. \begin{array}{l} 2 \times 0,55 = 1,10 \{ fp = 0,72 \} \\ 4 \times 0,89 = 3,56 \{ fp = 0,74 \} \\ 1 \times 1,46 = 1,46 \{ fp = 0,85 \} \\ \text{Total} = \{ 6,099 \text{ kVA } fp = 0,765 \} \end{array} \right\} \text{diferente norma}$$

3 - No caso de existirem motores monofásicos e trifásicos na relação de carga do consumidor, a demanda individual deve ser computada considerando a quantidade total de motores.

Tabela 20 – Demanda individual - motores trifásicos.

Eixo - cv	Valores Nominais do Motor				Demanda Individual Absorvida da Rede - kVA			
	Potência Absorvida - kW	cosφ	η	Corrente (220 V) - A	1 Motor (I)	2 Motores (II)	3 a 5 Motores (III)	mais de 5 Motores (IV)
1/6	0,25	0,67	0,49	0,9	0,37	0,30	0,26	0,22
1/4	0,33	0,69	0,55	1,2	0,48	0,38	0,34	0,29
1/3	0,41	0,74	0,60	1,5	0,56	0,45	0,39	0,34
1/2	0,57	0,79	0,65	1,9	0,72	0,58	0,50	0,43
3/4	0,82	0,76	0,67	2,8	1,08	0,86	0,76	0,65
1,0	1,13	0,82	0,65	3,7	1,38	1,10	0,97	0,83
1,5	1,58	0,78	0,70	5,3	2,03	1,62	1,42	1,22
2,0	1,94	0,81	0,76	6,3	2,40	1,92	1,68	1,44
3,0	2,91	0,80	0,76	9,5	3,64	2,91	2,55	2,18
4,0	3,82	0,77	0,77	13	4,96	3,97	3,47	2,98
5,0	4,78	0,85	0,77	15	5,62	4,50	3,93	3,37
6,0	5,45	0,84	0,81	17	6,49	5,19	4,54	3,89
7,5	6,90	0,85	0,80	21	8,12	6,50	5,68	4,87
10,0	9,68	0,90	0,76	26	10,76	8,61	7,53	6,46
12,5	11,79	0,89	0,78	35	13,25	10,60	9,28	7,95
15,0	13,63	0,91	0,81	39	14,98	11,98	10,49	8,99
20,0	18,40	0,89	0,80	54	20,67	16,54	14,47	12,40
25,0	22,44	0,91	0,82	65	24,66	19,73	17,26	14,80
30,0	26,93	0,91	0,82	78	29,59	23,67	20,71	17,76
50,0	44,34	0,90	0,83	125	49,27	-	-	-
60,0	51,35	0,89	0,86	145	57,70	-	-	-
75,0	62,73	0,89	0,88	180	70,48	-	-	-

(*) Conforme ND-5.1:2009, Capítulo 7, pg. 18

Notas:

1 - O fator de potência e rendimento são valores médios, referidos a 3600 rpm.

2 - Exemplo de aplicação da Tabela:

$$\left. \begin{array}{l} \text{- 1 motor 2,0 CV} \\ \text{- 3 motores 5,0 CV} \end{array} \right\} \text{Coluna III (3 a 5 motores)} \quad \left. \begin{array}{l} 1 \times 1,68 = 1,68 \{ fp = 0,81 \} \\ 3 \times 3,93 = 11,79 \{ fp = 0,85 \} \end{array} \right\} \text{diferente da norma} \\ \text{Total} = \{ 13,466 \text{ kVA } fp = 0,845 \}$$

3 - No caso de existirem motores monofásicos e trifásicos na relação de carga do consumidor, a demanda individual deve ser computada considerando a quantidade total de motores.



7.7 - Padrão de Entrada de Baixa Tensão para Edificações Individuais

Após o cálculo da carga instalada e/ou demanda para consumidores individuais, a especificação do padrão de entrada (ramal de ligação e de entrada) deve atender as Tabelas 1 a 10 da ND 5.1.

Tabela 21 – Dimensionamento dos ramais de ligação e da medição para unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V) (Tabela 1 da ND 5.1).

Fornecimento		Medição			Ramal de ligação aéreo multiplex			Ramal de ligação subterrâneo			
Tipo	Faixa	Medidor		Transf.. Corrente (FT=2)	Extensão ("e" em metros)			Eletroduto			
		Corrente Nominal/Máxima	Número de Elementos		e≤15	15<e≤25	25<e≤30	PVC	Aço		
		A	-		I1/I2	mm ²		mm ²	mm		
A	A1	15/100	1	-	-	D-10	D-16	D-25	25		
	A2					T-10	T-16	T-16	16		
B	-	15/120	2			Q-16			50		
C	C1					Q-35			40		
	C2					Q-70			50		
	C3					T-10			70		
	C4					T-16			120		
	C5	2,5/10	3		-	T-16			60		
	C6					Q-16			50		
	C7					Q-70			75		
	C8					T-16			65		
D	D1	15/120	2	-	-	Q-16			16		
	D2					T-16			50		
	E1					Q-16			40		
E	E2	15/120	3			T-16					
	E3					Q-16					

Tabela 22 – Dimensionamento dos ramais de ligação e da medição para unidades consumidoras situadas em áreas rurais atendidas por redes secundárias bifásicas (127/254 V) para as unidades Tipo "F" e atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V) para as unidades Tipo "G" com transformador exclusivo (Tabela 5 da ND 5.1).

Fornecimento		Medição					
Tipo	Faixa	Medidor		Transf. Corrente (FT=2)			
		Corrente Nominal/Máxima	Número de Elementos				
F	F1	15/120	2	I1/I2			
	F2						
	F3						
	F4						
	F5						
	G1						
	G2						
	G3						
	G4						
G	2,5/10 (Nota 1)						

Notas:

1 – Medidor exclusivo para as faixas F5 e G4.

Tabela 23 – Dimensionamento para unidades consumidoras urbanas/rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220 V) – Ligações a 2 e 3 fios. (Tabela 2 da ND 5.1).

Fornecimento		Carga Instalada		Número de fios	Número de fases	Proteção	Ramal de Entrada		Aterramento		Poste (5)		Pontalete (5)			
Tipo	Faixa	de	até				Disjuntor Termo-magnético	Condutor Cobre PVC - 70°C (3)	Eletroduto	Condutor Cobre NU (mm ²)	Eletrodo	Condutor de proteção (mm ²)	Mesmo Lado da Rede	Lado Oposto da Rede	Aço	Concreto
		kW					A	mm ²	mm	Quantidade	Aço	Concreto	Aço	Concreto		
A	A1	-	5,0	2	1	40	6		6		6	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
	A2	5,1	10,0			70		16	32	25	10					
B	-	10,1	15,0	3	2	60			16							



INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Notas:

- 1 – As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos;
- 2 – Para condutores com seções superiores a 10mm² (inclusive) é obrigatório o uso de cabo;
- 3 – O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 4 – Todas as faixas correspondem a ligações com medição direta (Ver Tabela 1);
- 5 – As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas nas páginas 14-20 e 14-21. O engastamento dos postes é simples;
- 6 – Para ramal de entrada subterrâneo, ver capítulo 4 - item 2.2, página 4-3.

Tabela 24 – Dimensionamento para unidades consumidoras urbanas/rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220 V) – ligações a 4 fios (Tabela 3 da ND 5.1).

Fornecimento		Demanda Provável	Número de	Proteção	Ramal de Entrada		Aterramento		Condutor de proteção (mm ²)	Poste (4)		Pontalete (4)
					Disjuntor Termo-magnético	Condutor Cobre PVC - 70°C (3)	Eletroduto PVC Aço	Condutor Cobre NU (mm ²)		Mesmo Lado da Rede	Lado Oposto da Rede	
Tipo	Faixa	de	até	A	mm ²	mm	Quantidade	Aço	Concreto	Aço	Concreto	Aço
		kVA		A	mm ²	mm						
C	C1	-	15,0	4	3	40	10	10	32	25	PA1	PT1
	C2	15,1	23,0			60	16		40	32	PC1	PC2
	C3	23,1	27,0			70	25		50	40	PA2	PT2
	C4	27,1	38,0			100	35		60	50	PA5	PA6
	C5	38,1	47,0			120	50		75	65	PA3	PC3
	C6	47,1	57,0			150	70		85	75	PA4	PT2
	C7	57,1	66,0			175	95		95	85	PA6	PC3
	C8	66,1	75,0			200	110		110	100		

Notas:

- 1 – As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos;
- 2 – Para condutores com seções superiores a 10mm² (inclusive) é obrigatório o uso de cabo;
- 3 – O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 4 – As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas nas páginas 14-20 e 14-21. O engastamento dos postes deve ser em base concretada.
- 5 – Para ramal de entrada subterrâneo, ver capítulo 4 - item 2.2, página 4-3;
- 6 – As faixas C6 a C8 correspondem a ligações com medição indireta (Ver Tabela 1, página 7-1). As demais correspondem a medição direta.

Tabela 25 – Dimensionamento para unidades consumidoras urbanas/rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220 V) – para os Tipos “D” e “E” e/ou unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias monofásicas (127/254 V) para o Tipo “D” – atendimentos especiais, ligações a 3 e 4 fios (Nota 8). (Tabela 4 do ND 5.1).

Fornecimento		Carga Instalada	Número de	Proteção	Ramal de Entrada		Aterramento		Condutor de proteção (mm ²)	Poste (3)		Pontalete (3)	
					Disjuntor Termo-magnético	Condutor Cobre PVC - 70°C (2)	Eletroduto PVC Aço	Condutor Cobre NU (mm ²)		Mesmo Lado da Rede	Lado Oposto da Rede		
Tipo	Faixa	de	até	A	mm ²	mm	Quantidade	Aço	Concreto	Aço	Concreto	Aço	
		kW		A	mm ²	mm				Tipo			
D	D1	-	5,0	3	2	20	4	10	4	PA1	PT1	Aço	
	D2	5,1	10,0			40	10		10	PC1	PC2		
	E1	-	5,0			15	2,5		2,5	PA2	PT2		
	E2	5,1	10,0			30	6		6				
	E3	10,1	15,0			40	10		10				

Notas:

- 1 – As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos;
- 2 – O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 3 – As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas nas páginas 14-20 e 14-21. O engastamento dos postes é simples;
- 4 – Para ramal de entrada ver capítulo 4, item 2.2, página 4-3;
- 5 – Os disjuntores constantes dessa tabela têm que ser de um dos fabricantes relacionados no Manual do Consumidor nº 11;
- 6 – Essa tabela, onde aplicável, é válida também para unidades consumidoras pertencentes a edificações de uso coletivo ou agrupamentos com proteção geral;
- 7 – Essa tabela foi elaborada para atendimentos especiais (obras, estabelecimentos comerciais ou mesmo residenciais onde se necessita de alimentação bi ou trifásica sendo a carga instalada inferior a 10 ou 15kW). Solicita-se especial atenção para essas unidades tipo D ou E, pois as mesmas têm o seguinte limite para cargas monofásicas: D1=2540W, D2=5080W, E1=1905W, E2=3810W , E3=4445W;
- 8 – Para a ligação destas unidades deverá ser cobrada a taxa correspondente a diferença de preço de ramal duplex para triplex ou quadruplex, de ramal triplex para quadruplex e do medidor monofásico para o polifásico.



Tabela 26 – Dimensionamento para unidades consumidoras rurais atendidas por redes primárias monofásicas com transformador exclusivo com secundário bifásico 127/254 V. (Tabela 6 da ND 5.1).

Fornecimento		Carga Instalada		Número de fios	Número de fases	Proteção	Ramal de Entrada			Aterramento	Condutor de proteção (mm²)				
Tipo	Faixa	de	até				Disjuntor Termo-magnético		Condutor Cobre PVC - 70°C (2)	Eletroduto					
							A	mm²	PVC	Aço	Diâmetro Nominal				
F	F1	-	5,0	3	2	40	16 (Nota 1)	40	32	10	16				
	F2	5,1	10,0				25								
	F3	10,1	15,0				35								
	F4	15,1	25,0				50								
	F5	25,1	37,5				95								

Tabela 27 – Dimensionamento para unidades consumidoras rurais ligações a 4 fios com transformador exclusivo. (Tabela 7 da ND 5.1).

Fornecimento		Carga Instalada		Número de fios	Número de fases	Proteção	Ramal de Entrada			Aterramento	Condutor de proteção (mm²)				
Tipo	Faixa	de	até				Disjuntor Termo-magnético		Condutor Cobre PVC - 70°C (2)	Eletroduto					
							A	mm²	PVC	Aço	Diâmetro Nominal				
G	G1	-	15,0	4	3	60	16	40	32	10	16				
	G2	15,1	30,0				35								
	G3	30,1	45,0				50								
	G4	45,1	75,0				75								
							120								

Notas (tabelas 26 e 27) :

- 1 – Esse condutor foi dimensionado como sendo de seção de 16mm² em função de ser o transformador exclusivo e da CEMIG ter padronizado o conector bimetálico de 16mm² como o menor conector a ser utilizado para a ligação do ramal de entrada na bucha secundária do transformador;
- 2 – O condutor neutro deverá ter as mesmas características dos condutores fase;
- 3 – O valor máximo de carga instalada, indicado em kW para cada faixa, corresponde ao valor da potência nominal do transformador em kVA a ser utilizado;
- 4 – É obrigatório o uso de cabo em todos os condutores;
- 5 – As faixas F5 e G4 correspondem a ligações com medição indireta (Ver Tabela 5, página 7-5). As demais correspondem a medição direta;
- 6 – Quando o padrão de entrada for com poste de concreto com medição incorporada não será necessária a instalação do condutor de proteção;
- 6 – O transformador monofásico de 25 kVA e o trifásico de 15 kVA foram despadronizados. Esses transformadores foram mantidos nas tabelas 6 e 7 visando atender estoque existente e as reformas e manutenções.

Tabela 28 – Dimensionamento da entrada de edificações e unidades consumidoras urbanas e rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220 V) para atender aos fornecimentos com demanda entre 75,1 e 327 kVA. (Tabela 8 da ND 5.1).

Item	Fornecimento		Demanda em kVA		Número de Fios	Número de Fase S	Ramal de Ligação Subterrâneo BT ou Aéreo Multiplex AL/XLPE (Nota 4)		Proteção In/A	Ramal de Entrada subterrâneo		Medidor	Transformador de Corrente	Aterramento		Condutor de proteção das Caixas (mm ²)	Caixa de Inspeção					
	Tipo	Faixa	De	Até			Condutor por fase (AL) S(mm ²)			Eletroduto					In/Imax (A)	Nº elementos						
							Aço	PVC		Aço	PVC Amianto			Dn (mm)	Relação (2)							
1	H	H1	75,1	86,0	4	3	150	80	225	150	80	85	(1)	3	200/5	16	3	ZC				
2		H2	86,1	95,0			185	100	250	185	100	110										
3		H3	95,1	114,0			240	100	300	240	100	110										
4		H4	114,1	145,0					400	2x120	2x65	2x75										
5		H5	145,1	163,0			2x240	2x100	2x110	450	2x150	2x80	2x85									
6		H6	163,1	181,0					500	2x185	2x100	2x110										
7		H7	181,1	217,0					600	2x240												
8		H8	217,1	245,0					700	3x150	3x80	3x85										
9		H9	245,1	272,0					800	3x185	3x100	3x110										
10		H10	272,1	327,0					1000	3x240												

Notas:

- 1 – 2,5/10 ou 2,5/20;
- 2 – TC 200/5 e 400/5 com FT = 2,0 e TC 1000/5 com FT=1,2;
- 3 – Não é necessária a instalação do condutor de proteção entre a caixa CM-9 ou CM-18 e a caixa de passagem, pois a barra de aterramento instalada entre estas caixas representa os condutores neutro e de proteção. Para esta unidade consumidora deverá ter o condutor de proteção a partir da caixa de passagem e entre a caixa CM-9 ou CM-18 e a caixa CM-4 deverá ter o condutor de proteção de 10mm² conforme o desenho da página 11-2;
- 4 – Para os itens 1 e 2, o ramal de ligação é aéreo multiplexado AL/XLPE, Q-120 e os postes a serem utilizados são: PA3 mesmo lado da rede e PA6 ou PC3 lado oposto da rede. As características dos postes estão nas Tabelas das páginas 14-20 e 14-21. Para os demais itens deverá ser utilizado ramal de entrada subterrâneo conforme especificado na tabela acima;
- 5 - Quando a demanda for inferior a 75kVA, o dimensionamento do padrão de entrada deverá ser conforme a Tabela 4, página 7-4 (unidade consumidora tipo C);
- 6 - Para os itens 3 a 10 deverá ser utilizada a caixa CM-18.



Tabela 29 – Dimensionamento para unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias bifásicas (127/254 V) – ligações a 2 e 3 fios. (Tabela 10 da ND 5.1).

Fornecimento		Carga instalada em kW para consumidor tipo I		Número de Fios	Número de Fases	Proteção	Ramal de entrada		Aterramento		Condutor de proteção	Poste		Pontalete (1)
		Demanda provável em kVA para consumidor tipo J	de até				Condutor cobre PVC - 70°C (3) A	Eletroduto PVC Aço mm²	Condutor Cobre NU	Eletrodo Quantidade		Mesmo lado da rede Aço	Lado oposto da rede Concreto	
I	I1	-	5,0	2	1	Disjuntor termo-magnético	40	6	Cobre NU	Quantidade	mm²	Tipo		Tipo
	I2	5,1	10,0				70	16				6	PA1	
J	J1	10,1	15,0	3	2	Disjuntor termo-magnético	60	16	10	1	mm²	16	PA4	PC2
	J2	15,1	20,0				90	25				25	PA5	
	J3	20,1	27,0				120	50				35	PT1	
	J4	27,1	37,5				150	70						

Notas:

- 1 – As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas no capítulo 14, páginas 14-20 e 14-21. O engastamento dos postes é simples;
- 2 – As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos;
- 3 – Para condutores com seção igual ou superior a 10mm² é obrigatório o uso de cabo;
- 4 – O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual a dos condutores fase;
- 5 – A faixa J4 corresponde à medição indireta e deverão ser utilizados TC de 200/5.

Tabela 30 – Dimensionamento dos ramais de ligação e da medição para unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias bifásicas (127/254 V) – ligações a 2 e 3 fios. (Tabela 9 da ND 5.1).

Fornecimento		Medição		Corrente nominal/máxima - A	Número de elementos	Transf. Corrente (FT=2)	Ramal de ligação aéreo multiplex			Ramal de ligação subterrâneo			
		Medidor	Extensão ("e" em metros)				Condutor alumínio XLPE-90°	Eletroduto	PVC	Aço	Diâmetro nominal	mm	
I	I1	15/100	1			I1/I2	e≤15	15<e≤25	25<e≤30	mm²	mm	50	40
	I2						D-10	D-16	D-25				
J	J1	15/120	2			-	T-10	T-16	T-25	mm²	mm	50	40
	J2						T-25	T-35	T-45				
	J3						T-35	T-45	T-55				
	J4						200:5	T-70	T-85				



8 - Dimensionamento dos Circuitos Terminais e Alimentadores

O chamado dimensionamento técnico de um circuito corresponde à aplicação das diversas prescrições da NBR 5410 relativas à escolha da seção de um condutor e do seu respectivo dispositivo de proteção. Para que se considere um circuito completa e corretamente dimensionado, são necessários seis cálculos. Em princípio cada um deles pode resultar numa seção diferente. E a seção a ser finalmente adotada é a maior dentre todas as seções obtidas.

Os seis critérios técnicos de dimensionamento do condutor fase são:

- seção mínima;
- capacidade de condução de corrente;
- queda de tensão;
- proteção contra sobrecargas;
- proteção contra curto-círcuito;
- proteção contra contatos indiretos.

O dimensionamento dos condutores de neutro e de proteção possui características adicionais próprias e, estas, são abordadas separadamente.

8.1 - Dimensionamento do condutor fase

a) Seção mínima

As seções mínimas dos condutores de fase admitidas em qualquer instalação de baixa tensão, em circuitos de corrente alternada, e dos condutores vivos, em circuitos de corrente contínua, não devem ser inferiores aos valores indicados na [Tabela 31](#). Com relação às seções mínimas, cabe informar que estas são ditadas por razões mecânicas, e os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força.



Tabela 31 – Secção mínima do condutor fase.

Tipo de Linha	Utilização	Seção mínima	
		Cobre (Cu) - [mm ²]	Alumínio (Al) - [AWG]
Instalações Fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5
		Circuitos de força	2,5
		Circuitos de sinalização e controle	0,5 ¹
	Condutores nus	Circuitos de força	10
		Circuitos de sinalização e controle	4
	Ligações flexíveis com cabos isolados	Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 ²
		Circuitos a extrabaixa tensão para aplicações especiais	0,75

1 - Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

2- Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

(*) De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 47 pg. 113

b) Capacidade de condução de corrente

A capacidade de condução de corrente é um critério importantíssimo para o dimensionamento de condutores. As prescrições deste critério são destinadas a garantir uma vida satisfatória a condutores e isolações submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação de correntes equivalentes às suas capacidades de condução de corrente durante períodos prolongados em serviço normal de operação. Assim, para a determinação da seção do condutor por este critério, deve-se seguir os seguintes passos principais:

- 1 - Determinar o método de instalação;
- 2 - Calcular a corrente de projeto do circuito;
- 3 - Aplicar os fatores de correção apropriados.

Método de Instalação

Conforme indicado na [Tabela 11](#) (item 4.3 desta apostila), para cada método de instalação é apontado o método de referência no qual ele se enquadra. Os métodos de referência são os métodos de instalação, indicados na IEC 60364-5-52, para os quais a capacidade de condução de corrente foi determinada por ensaio ou por cálculo. São eles:

- A1: condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;



- A2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- B1: condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- B2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- C: cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira;
- D: cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo;
- E: cabo multipolar ao ar livre;
- F: cabos unipolares justapostos (na horizontal, na vertical ou em trifólio) ao ar livre;
- G: cabos unipolares espaçados ao ar livre.

NOTAS

1 - Nos métodos A1 e A2, a parede é formada por uma face externa estanque, isolação térmica e uma face interna em madeira ou material análogo com condutância térmica de no mínimo $10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. O eletroduto, metálico ou de plástico, é fixado junto à face interna (não necessariamente em contato físico com ela).

2 - Nos métodos B1 e B2, o eletroduto, metálico ou de plástico, é montado sobre uma parede de madeira, sendo a distância entre o eletroduto e a superfície da parede inferior a 0,3 vezes o diâmetro do eletroduto.

3 - No método C, a distância entre o cabo multipolar, ou qualquer cabo unipolar, e a parede de madeira é inferior a 0,3 vezes o diâmetro do cabo.

4 - No método D, o cabo é instalado em eletroduto (seja metálico, de plástico ou de barro) enterrado em solo com resistividade térmica de $2,5 \text{ K.m/W}$, a uma profundidade de 0,7 m.

5 - Nos métodos E, F e G, a distância entre o cabo multipolar ou qualquer cabo unipolar e qualquer superfície adjacente é de no mínimo 0,3 vezes o diâmetro externo do cabo, para o cabo multipolar, ou no mínimo uma vez o diâmetro do cabo, para os cabos unipolares.

6 - No método G, o espaçamento entre os cabos unipolares é de no mínimo uma vez o diâmetro externo do cabo.

Portanto, para a determinação da seção do condutor pelo critério da condução de corrente, inicialmente, o projetista deve conhecer ou estipular as condições de instalação do circuito sob análise.

Capacidade de Condução de Corrente - I_z

A corrente transportada por qualquer condutor, durante períodos prolongados em funcionamento normal, deve ser tal que a temperatura máxima para serviço contínuo dada na Tabela 32 não seja ultrapassada.

Tabela 32 – Temperaturas características dos condutores.

Tipo de Isolação	Temp. Máx. em Serviço Contínuo °C	Temp. Limite de Sobrecarga °C	Temp. Limite de Curto-Circuito °C
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm ²	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm ²	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

(*) De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 35 pg. 100

As temperaturas indicadas na tabela anterior, em função do tipo de isolação, são analisadas na superfície externa do condutor (interface condutor-isolação) e correspondem a:



- Temperatura Máxima em Serviço Contínuo = θ_Z
define a capacidade de condução de corrente do condutor -> I_Z ;
- Temperatura Limite de sobrecarga = θ_S
Temperatura limite que o condutor pode atingir até 100 h, a cada 12 meses, em um máximo de 500 h ao longo de sua vida útil;
- Temperatura Limite de Curto-Circuito = θ_K
Temperatura limite que o condutor não pode permanecer por mais do que 5 s.

Um condutor, inicialmente sem corrente e, portanto, na temperatura ambiente, é percorrido, a partir de um determinado instante, por uma corrente de valor constante, I (corrente contínua ou corrente alternada de valor eficaz constante), após um período transitório, sua temperatura atinge um valor de regime, θ_R . Assim, quando a corrente I for igual à capacidade de corrente do condutor I_Z , a temperadura θ_R será igual a θ_Z . Em condição de sobrecarga, admite-se que $\theta_R \cong \theta_S$ para $I = 1,45 I_Z$.

Diante do exposto, os valores da [Tabela 32](#) (Tabela 35 da NBR 5410) são considerados atendidos se a corrente nos condutores não for superior às capacidades de condução de corrente adequadamente obtidas das Tabelas 36 a 39 da NBR 5410, corrigidas, se for o caso, pelos fatores indicados nas Tabelas 40 a 45.

Para a utilização das tabelas que indicam a capacidade de condução de corrente contidas na norma, faz-se necessário conhecer o número de condutores carregados do circuito sob análise. Este parâmetro é fornecido pela Tabela 33.

Tabela 33 – Número de condutores carregados, em função do tipo de circuito.

Esquema de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado ¹
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 ²

1 - Os condutores utilizados unicamente como condutores de proteção (PE) não são considerados. Os condutores PEN são considerados como condutores neutros.

2 - Para 4 condutores carregados aplicar o fator de 0,86 às capacidades de condução válidas para 3 condutores carregados. Considerar o trifásico com neutro com 4 condutores carregados quando a taxa de harmônicos triplos na corrente de fase for superior a 15%.

(*) De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 46 pg. 112



As Tabelas 36, 37, 38 e 39 contidas na NBR 5410 fornecem as capacidades de condução de corrente dos condutores isolados e dos cabos uni e multipolares (I_z), considerando condições de operação específicas. Portanto, a amperagem indicada nestas tabelas somente são válidas para circuitos com as seguintes características:

- condutores de cobre e de alumínio;
- isolações de PVC, EPR e XLPE;
- 2 e 3 condutores carregados;
- temperatura ambiente de 30°C e temperatura do solo de 20°C (linhas subterrâneas);
- resistência térmica do solo de 2.5 k.m/W (linhas subterrâneas);
- sem agrupamento de circuitos (linha elétrica contendo somente 1 circuito);
- métodos de referência
 - ☞ Tabelas 36 e 37 - A1, A2, B1, B2, C e D;
 - ☞ Tabelas 38 e 39 - E, F e G

Desta forma, quando, para um dado circuito, as condições previstas enquadram-se perfeitamente nas indicadas em uma das Tabelas, utiliza-se diretamente a corrente de projeto do circuito (denominada I_B), para a determinação da seção do condutor. Caso as condições de instalação do circuito sejam diferentes das acima indicadas, faz-se necessário corrigir os valores indicados. Portanto, o uso correto destas tabelas requer que seus dados sejam “traduzidos” para a situação real do projeto, ou seja, o projetista deve converter os valores contidos nestas tabelas para as condições reais do circuito que está dimensionando.

A [Tabela 34](#) reproduz a Tabela 36 da NBR 5410 para condutores de cobre. Conforme pode ser observado, esta indica a máxima capacidade de condução de corrente para os condutores de cobre com isolação em PVC, considerando os métodos de instalação A, B, C e D e o número de condutores carregados. Para outras condições de instalação, o projetista deve consultar as demais tabelas contidas na NBR 5410 e, caso as condições de instalação sejam diferentes das indicadas, as correntes devem ser corrigidas (modificadas) de forma a atender as exigências do local de utilização do circuito.



Tabela 34 – Capacidade de condução de corrente.

Seções Nominais mm ²	Capacidades de condução de corrente, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D.											
	Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares – cobre, isolação PVC											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297

(*) Conforme NBR 5410:2004 - Tabela 36 pg. 101

Cálculo da Corrente de Projeto - I_B

A corrente de projeto de um determinado circuito é resultado da potência total atendida por este e da tensão de alimentação, conforme as expressões abaixo:

Circuitos Monofásicos / Bifásicos

$$I_B = \frac{P}{V \cdot FP} \quad \text{Exp. (10)}$$

Circuitos Trifásicos

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot FP} \quad \text{Exp. (11)}$$

Onde:
 I_B : corrente de projeto;
 P : potência ativa total do circuito;
 V : tensão do circuito;
 FP : fator de potência total do circuito.

A corrente de projeto resultante das expressões acima deve, então, ser corrigida para as condições reais do circuito. Para tanto, a NBR 5410 especifica três fatores de correção:

- correção da temperatura ambiente ou do solo – k_1 – [Tabela 35](#) (Tabela 40 da norma);
- correção da resistividade térmica do solo – k_2 – [Tabela 36](#) (Tabela 41 da norma);
- agrupamento de circuitos – k_3 – [Tabela 37](#) (Tabelas 42, 43, 44 e 45).

De posse destes fatores, a corrente de projeto corrigida é calculada por:



$$I_B' = \frac{I_B}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3} \quad \text{Exp. (12)}$$

A corrente de projeto corrigida é uma corrente fictícia correspondendo a um artifício de cálculo para utilizar diretamente as Tabelas 36 a 39 (da norma).

Fator de correção para temperatura – k_1

Utilizado para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas. O valor da temperatura ambiente a utilizar é o da temperatura do meio circundante quando o condutor considerado não estiver carregado.

Tabela 35 – Fatores de correção para temperatura.

Temperatura (°C)	ISOLAÇÃO		
	PVC Ambiente	EPR ou XLPE	PVC Do solo
10	1,22	1,15	1,10
15	1,17	1,12	1,05
20	1,12	1,08	1
25	1,06	1,04	0,95
30	1	1	0,89
35	0,94	0,96	0,84
40	0,87	0,91	0,77
45	0,79	0,87	0,71
50	0,71	0,82	0,63
55	0,61	0,76	0,55
60	0,50	0,71	0,45

(*) De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 40 pg. 106.

Como orientação geral, considerando o interior de edificações em diferentes regiões do país, sugere-se adotar, no projeto, como mínimos, os seguintes valores de temperatura ambiente:

- regiões sul, sudeste e centro-oeste: 30°C;
- regiões nordeste e norte - 40°C.

Fator de correção para resistividade térmica do solo – k_2

Utilizado em linhas subterrâneas, onde a resistividade térmica do solo seja diferente de 2,5 [K.m/W], caso típico de solos secos, deve ser feita uma correção adequada nos valores da capacidade de condução de corrente. Solos úmidos possuem valores menores de resistividade térmica, enquanto solos muito secos apresentam valores maiores.



Tabela 36 – Fatores de correção para resistividade térmica do solo.

Resistividade Térmica (Km/W/)	1	1,5	2	3
Fator de correção	1,18	1,10	1,05	0,96

(*) De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 41 pg. 107

Fatores de Correção para Agrupamento de Circuitos – k_3

Como as tabelas de capacidade de condução de corrente foram elaboradas para linhas elétricas contendo um único circuito, estas necessitam ser corrigidas quando a linha elétrica conter mais de um circuito. Este fator, que considera os efeitos térmicos mútuos entre os condutores contidos em um mesmo conduto, é denominado *fator de correção para agrupamento* e está indicado nas Tabelas 42 a 45 na NBR 5410. A Tabela 37 é equivalente à Tabela 42 da NBR. Para outras condições de instalação o projetista deve consultar as demais tabelas presentes na norma.

Tabela 37 – Fatores de correção para agrupamento de circuitos

Item	Disposição dos cabos justapostos	Número de circuitos ou de cabos multipolares										Tabela dos métodos de referência	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	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
2	Camada única sobre parede, piso ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71		0,70		36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62		0,61		
4	Camada única em bandeja perfurada, horizontal ou vertical	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72		0,72		38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única em leito, suporte	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78		0,78		

(*) De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 42 pg. 108

Se um agrupamento consiste em N condutores isolados ou cabos unipolares, pode-se considerar tanto $N/2$ circuitos com 2 condutores carregados como $N/3$ circuitos com 3 condutores carregados. Os fatores das tabelas 42 a 45 (da norma) são válidos para grupos de condutores semelhantes, igualmente carregados. São considerados semelhantes aqueles que se baseiam na mesma temperatura máxima para serviço contínuo e cujas seções nominais estão contidas no intervalo de 3 seções normalizadas sucessivas. Quando os condutores de um grupo não preencherem essa



condição, os fatores de agrupamento aplicáveis devem ser obtidos recorrendo-se a qualquer das duas alternativas seguintes:

- 1 - Cálculo caso a caso, utilizando, por exemplo, a ABNT 11301;
- 2 - Caso não seja viável um cálculo específico, adoção do fator F da expressão:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

Exp. (13)

Onde: F : fator de correção
 n : número de circuitos ou de cabos multipolares

Os condutores para os quais se prevê uma corrente de projeto não superior a 30% de sua capacidade de condução de corrente, já determinada observando-se o fator de agrupamento incorrido, podem ser desconsiderados para efeito de cálculo do fator de correção aplicável ao restante do grupo.

Exemplo: Seja um eletroduto circular embutido em alvenaria, contendo 3 circuitos de tomadas de corrente, todos com 2 condutores isolados, cobre com isolação em PVC, de $2,5 \text{ mm}^2$. A capacidade de condução de corrente dos condutores de cada circuito é a indicada na [Tabelas 34](#) (Tabela 36 da NBR 5410) corrigida pelo fator de agrupamento indicado na [Tabela 37](#) (Tabela 42 da norma), resultando em:

$$24 \times 0,7 = 16,8 \text{ A}$$

Se um dos circuitos tiver uma corrente de projeto não superior a $16,8 \times 0,3 = 5,04 \text{ A}$, ele pode ser desconsiderado e os condutores dos outros 2 circuitos terão uma capacidade de condução de corrente de $24 \times 0,8 = 19,2 \text{ A}$.

Se, agora, um desses 2 circuitos tiver uma corrente de projeto não superior a $19,2 \times 0,3 = 5,76 \text{ A}$, ele também poderá ser desconsiderado e os condutores do circuito restante terão uma capacidade de condução de corrente de 24 A .

Assim, nas condições de instalação indicadas, não será necessário aplicar qualquer fator de agrupamento, se:

- circuito 1: $I_{B1} \leq 5,04 \text{ A}$
- circuito 2: $I_{B2} \leq 5,76 \text{ A}$
- circuito 3: $I_{B3} \leq 24 \text{ A}$

c) Queda de Tensão

Numa instalação elétrica, a tensão aplicada aos terminais das cargas, isto é, dos equipamentos de utilização, deve manter-se dentro de determinados limites. Cada equipamento possui uma tensão nominal (V_N), a este valor de referência admite-se uma pequena variação (ΔV), fixada por norma ou pelo fabricante. Tensões abaixo do limite, ou seja, inferiores a $V_N - \Delta V$, prejudicam o desempenho do equipamento de utilização, podendo reduzir sua vida útil ou mesmo impedir seu funcionamento.

De acordo com a NBR 5410, a queda de tensão entre a origem da instalação e qualquer ponto de utilização não deve ser superior aos valores indicados na tabela a seguir, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação.

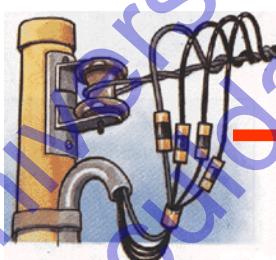
Tabela 38 – Limites de queda de tensão a partir do ponto de entrega

	Instalações	Circuitos de Distribuição	Circuitos Terminais
A	Fornecimento em tensão secundária distribuição. Ponto de entrega no poste.	5%	4%
B	Transformador de propriedade da concessionária. Ponto de entrega no secundário do transformador.	7%	4%
C	Transformador de propriedade da unidade consumidora. Ponto de entrega primário do transformador	7%	4%
D	Geração própria.	7%	4%

(*) Conforme NBR 5410:2004, item 6.2.7 – pg. 115

As figuras apresentadas na sequência ilustram as diferentes situações previstas pela norma.

Fornecimento em tensão secundária de distribuição



Ponto de entrega no poste

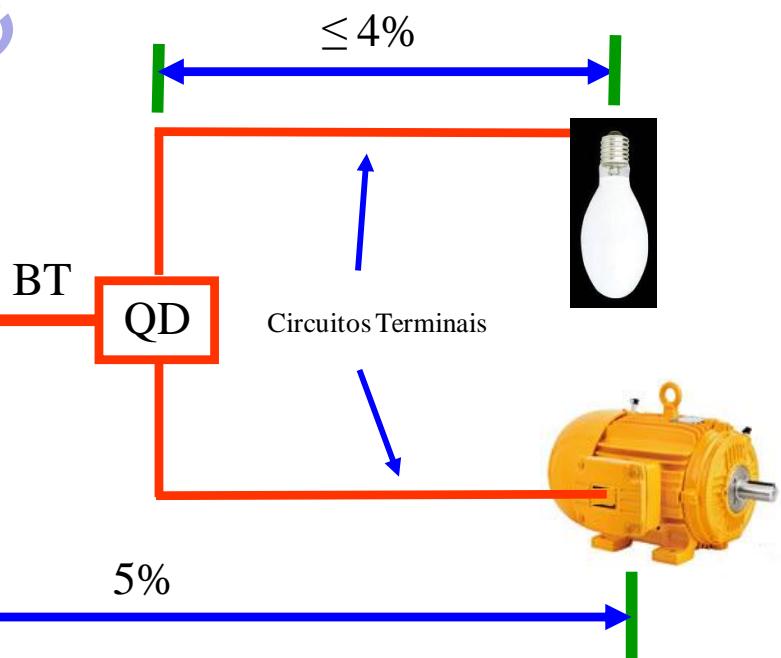


Figura 26 – Limites de queda de tensão para fornecimento em tensão secundária de distribuição - A.

Transformador de propriedade da concessionária



Ponto de entrega no secundário do transformador

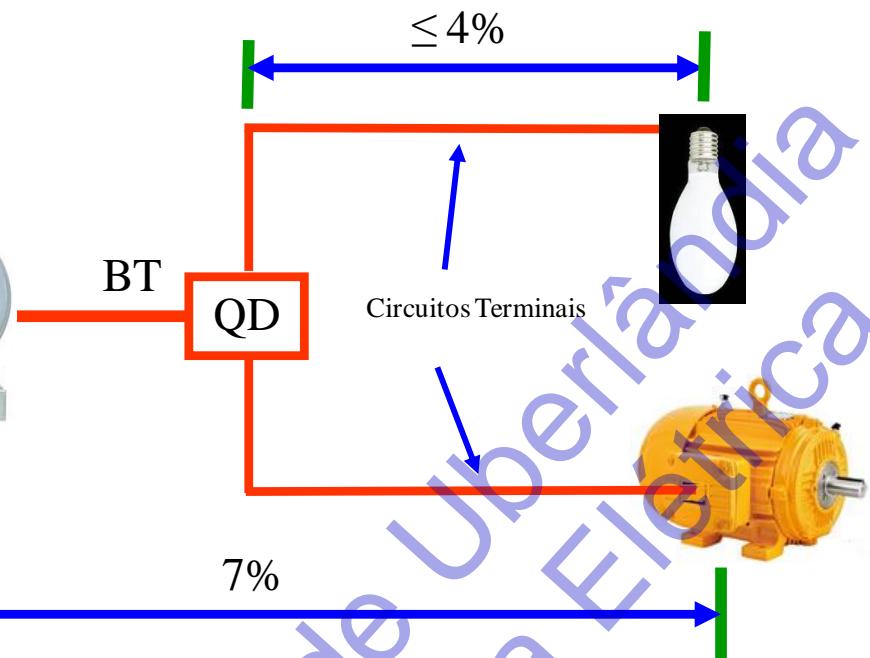


Figura 27 – Limites de queda de tensão para transformador de propriedade da concessionária - B.

Transformador de propriedade da unidade consumidora



MT



Ponto de entrega no primário do transformador

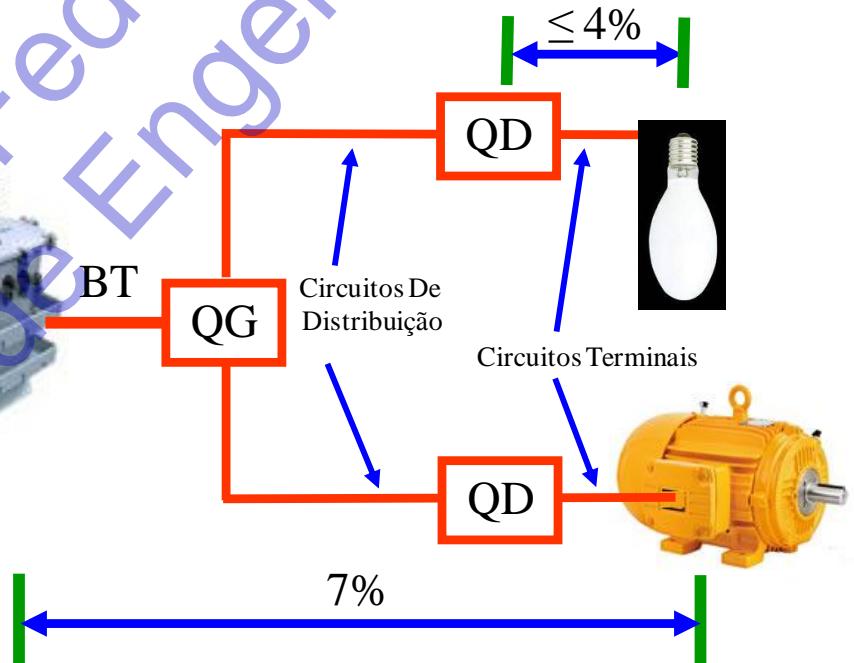


Figura 28 – Limites de queda de tensão para transformador de propriedade do consumidor - C.

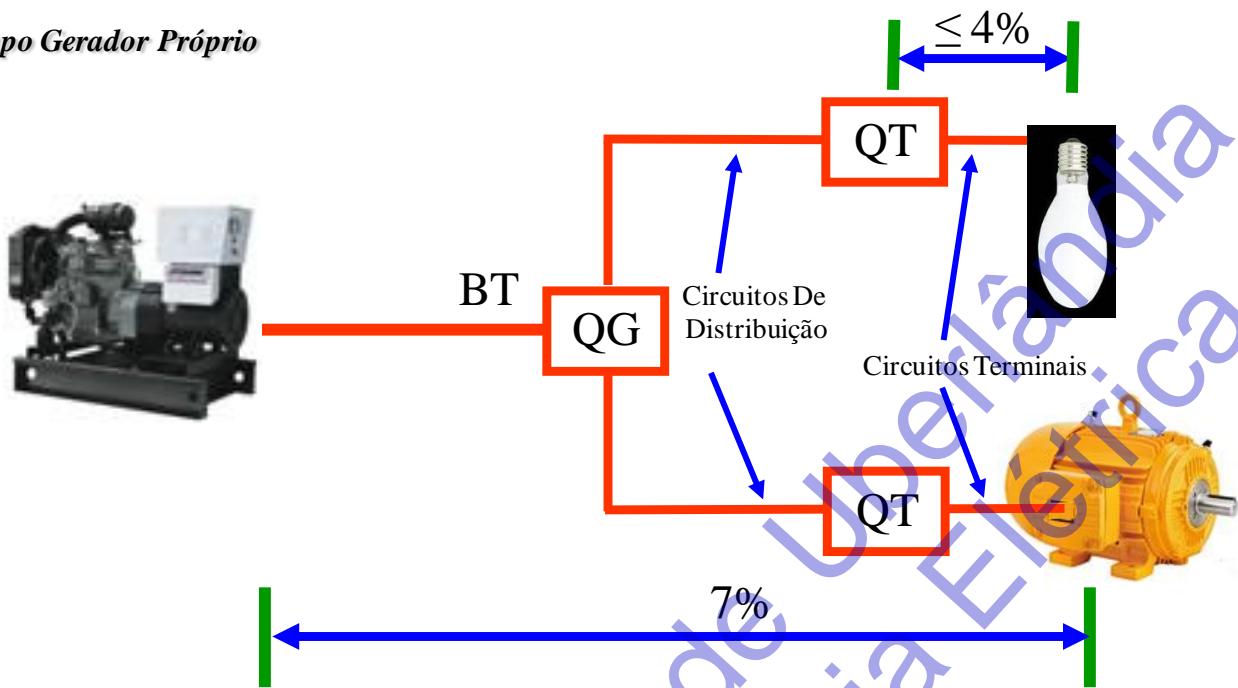
Grupo Gerador Próprio


Figura 29 – Limites de queda de tensão para instalações com geração própria - D.

Cálculo da Queda de Tensão

A queda de tensão resultante da energização de um carga elétrica depende, basicamente, de sua potência e da distância da fonte de alimentação, ou seja, a queda de tensão é o resultado da circulação de uma corrente através do condutor de alimentação desta carga.

Apesar deste cálculo ser relativamente simples, sua aplicação em instalações elétricas é trabalhosa quando são consideradas todas as variáveis envolvidas neste processo de cálculo. Diante desta dificuldade, a literatura apresenta diferentes métodos de cálculo aproximados e os próprios fabricantes de cabos disponibilizam tabelas contendo valores de queda de tensão unitária em função do condutor.

De uma forma geral, a queda de tensão pode ser calculada pelas seguintes expressões simplificadas:

Carga Distribuída

$$\Delta U = t \cdot (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi) \sum_{i=1}^n I_{B_i} l_i \quad \text{Exp. (14)}$$

Carga Concentrada

$$\Delta U = t \cdot l \cdot I_B \cdot (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi) \quad \text{Exp. (15)}$$



Onde:	ΔU	: queda de tensão, em V;
	l	: comprimento do circuito, em km
	I_B	: corrente de projeto, em A;
	r	: resistência do condutor, em Ω /km ;
	x	: reatância indutiva do condutor, em Ω /km ;
	t	: coeficiente que depende do tipo de circuito;
	$\cos \varphi, \operatorname{sen} \varphi$: fator de potência e fator reativo da carga

O somatório da expressão (14) pode ser substituído pela multiplicação da corrente de projeto I_B pelo comprimento médio das cargas supridas pelo circuito sob análise. Neste caso, este comprimento médio é calculado através de uma média ponderada das potências aparentes de cada carga ($\frac{\sum_{i=1}^n S_i l_i}{S_t}$ =potência aparente de cada carga x distância desta carga da fonte de alimentação / potência total do circuito). Naturalmente, ambas as formas consideram que o fator de potência de todas as cargas são iguais. Apesar desta ponderação, este cálculo proporciona uma precisão aceitável para projetos de instalações elétricas de baixa tensão.

Os parâmetros t , r e x utilizados nas expressões (14) e (15) são fornecidos pelas tabelas abaixo.

Tabela 39 – Valores para o coeficiente t .

Tipo de Circuito	t
Monofásico a dois condutores (fase-fase ou fase-neutro)	2
Monofásico a 3 condutores (2 fases-neutro) equilibrado	Queda de tensão de fase-neutro Queda de tensão de fase-fase
Círculo trifásico equilibrado	Queda de tensão de fase-neutro Queda de tensão de fase-fase

Tabela 40 – Parâmetros elétricos de condutores instalados em condutos fechados.

Seção (mm ²)	Rcc	Condutos não-magnéticos FN/FF/3F	
		Rca	X _L
1,5	12,1	14,48	0,16
2,5	7,41	8,87	0,15
4	4,61	5,52	0,14
6	3,08	3,69	0,13
10	1,83	2,19	0,13
16	1,15	1,38	0,12
25	0,73	0,87	0,12
35	0,52	0,63	0,11
50	0,39	0,47	0,11
70	0,27	0,32	0,10
95	0,19	0,23	0,10
120	0,15	0,19	0,10

Resistências elétricas e reatâncias indutivas de fios e cabos isolados em PVC, EPR e XLPE em condutos fechados (valores em Ω /km) – Tabela 22 – Pirelli pg 64

**d) Sobrecharge**

A “sobrecharge” não é exatamente um critério de dimensionamento dos condutores, entretanto, pode intervir na determinação da sua seção. A NBR 5410 prescreve que devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de sobrecharge nos condutores dos circuitos antes que esta possa provocar um aquecimento prejudicial à isolamento, às ligações, aos terminais ou às vizinhanças das linhas. A característica de funcionamento de um dispositivo protegendo um circuito contra sobrecharges deve satisfazer às seguintes condições:

$$I_B \leq f \cdot I_N \leq I_Z \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

Exp. (16)

Ou seja, a corrente nominal do dispositivo de proteção, ou de ajuste, I_N (corrigida pelo fator f), deve ser igual ou superior à corrente de projeto do circuito, I_B , porém inferior à capacidade de condução de corrente dos condutores do circuito, I_Z (corrigida).

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

Exp. (17)

Ou seja, a corrente convencional de atuação I_2 (disjuntores), ou de fusão (fusíveis) deve ser inferior ou igual à corrente que elevaria a temperatura do condutor até (praticamente) a temperatura limite de sobrecharge, $1,45 I_Z$; esta condição implica em que possa circular pelo circuito uma corrente igual a I_2 durante um tempo, no máximo, igual ao tempo convencional, t_c .

Onde: I_b : corrente de projeto do circuito, em A;

I_z : capacidade de condução de corrente dos condutores;

I_N : corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste para dispositivos ajustáveis);

I_2 : corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis;

f : fator de correção do disjuntor.

A tabela 41 fornece os valores de I_2 e t_c indicados nas normas de disjuntores e de fusíveis.

Tabela 41 –Corrente e tempo convencional de atuação para disjuntores e fusíveis.

Norma	I_2 (A)	t_c (horas)
Disjuntores:		
- NBR NM 60898		
$I_N \leq 63$ A	$1,45 I_N$	1
$I_N > 63$ A	$1,45 I_N$	2
- NBR IEC 60947-2		
$I_N \leq 63$ A	$1,30 I_N$	1
$I_N > 63$ A	$1,30 I_N$	2
- NBR 5361		
$I_N \leq 50$ A	$1,35 I_N$	1
$I_N > 50$ A	$1,35 I_N$	2
Fusíveis:		
- NBR IEC 60269-1		
$I_N \leq 63$ A	$1,6 I_N$	1
$63 A < I_N \leq 160$ A	$1,6 I_N$	2
$160 A < I_N \leq 400$ A	$1,6 I_N$	3
$400 A < I_N$	$1,6 I_N$	4
O valor de I_N utilizado no cálculo de I_2 deve ser corrigido para as condições de instalação (f)		

A equação (17) é aplicável quando for possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não venha a ser mantida por um tempo superior a 100 h durante 12 meses consecutivos, ou por 500 h ao longo da vida útil do condutor. Quando isso ocorrer, a condição deve ser substituída por $I_2 \leq I_Z$. Todos os disjuntores especificados de acordo com as normas NBR IEC 60898, 60947-2 e NBR 5361 atendem a equação (17). Portanto, para disjuntores, a equação (17) é sempre atendida.

No caso de proteção por fusíveis, a corrente de projeto do circuito nunca poderá ser igual à capacidade de condução de corrente dos respectivos condutores, isto é, não poderá haver um aproveitamento total de I_Z . Com efeito, tem-se I_N limitado a $0,906 I_Z$ (para $I_2 = 1,6 I_N$) e I_B deve ser, no máximo, igual a I_N .

A corrente nominal ou de ajuste do dispositivo de proteção (I_N), indicada no dispositivo pelo fabricante, refere-se a uma dada temperatura ambiente, considerando o dispositivo não agrupado com outros; as temperaturas de referência são:

- disjuntores segundo a IEC 60898 – 30°C (valor fixado pela norma);
- disjuntores segundo a IEC 60947-2 – 40°C, valor mais comum, ou 20°C (a norma não fixa valor).

A GE, fabricante de disjuntores termomagnéticos, apresenta em seus catálogos de mini-disjuntores [8] (norma IEC de 0,5 a 125 A) as seguintes curvas de correção da corrente nominal (I_N) em função da temperatura do local de instalação do dispositivo (fator f).

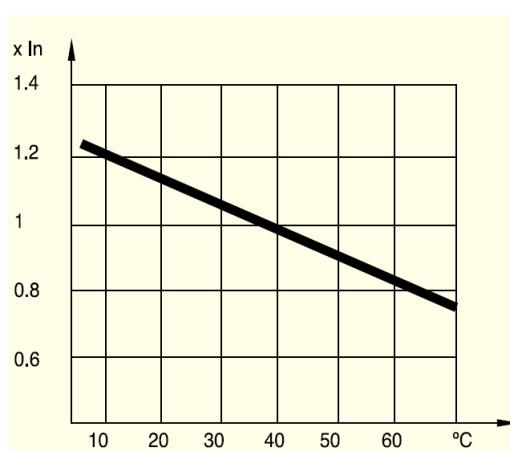
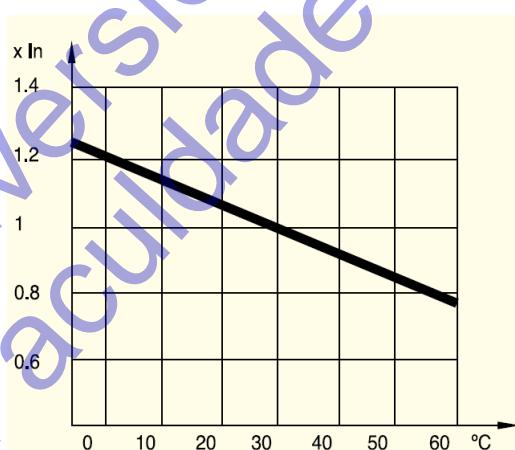


Figura 30 – Correção da corrente nominal para disjuntores fabricados de acordo com a IEC 898 (esquerda) e 947-2 (direita)- Catálogo GE.



No caso mais frequente de disjuntores termomagnéticos montados em quadro de distribuição, na falta de dados mais precisos quanto à temperatura (média) interna do quadro, deve-se considerá-la igual à temperatura ambiente prevista para os condutores, o que estará a favor da segurança.

Em alguns casos recomenda-se omitir o dispositivo de proteção contra sobrecargas em circuitos que alimentem equipamentos de utilização, nos casos em que o desligamento inesperado do circuito suscitar uma situação de perigo ou, inversamente, desabilitar equipamentos indispensáveis numa situação de perigo. São exemplos de tais casos:

- circuitos de excitação de máquinas rotativas;
- circuitos de alimentação de eletroímãs para elevação de cargas;
- circuitos secundários de transformadores de corrente;
- circuitos de motores usados em serviços de segurança (bombas de incêndio, sistemas de extração de fumaça etc.).

NOTA: Nesses casos pode ser interessante prever dispositivo de sinalização de sobrecargas.

e) Curto-circuito

A suportabilidade a correntes de curto-círcito dos condutores, determina o tipo de dispositivo de proteção dos mesmos, podendo modificar sua seção.

Os condutores devem ser protegidos por dispositivos de proteção com as seguintes características:

$$I_K \leq I_r \quad \text{Exp. (18)}$$

Onde: I_K : corrente de curto-círcito presumida para o local da instalação do dispositivo de proteção;

I_r : corrente máxima de interrupção (ruptura) do dispositivo de proteção.

Portanto, o conhecimento da corrente de curto-círcito presumida no local de instalação do dispositivo de proteção (disjuntor) se faz necessária.

O ponto de partida para este cálculo é a corrente de curto-círcito no ponto de acoplamento da instalação do consumidor com a concessionária (ponto de entrega), assim a concessionária deveria fornecer este valor. No entanto, dificilmente o projetista tem acesso a este parâmetro.



No caso de desconhecimento da corrente de curto-círcuito no ponto de entrega o projetista deve apurar, por algum meio válido, o valor aproximado de I_K . Os passos apresentados na sequência permitem uma estimativa desta corrente, ressaltando que os valores são sempre relativos às correntes de curto trifásicas (pior condição) [9]:

Passo 1 – Determinar a corrente de curto-círcuito trifásica no secundário do transformador de alimentação da instalação de baixa tensão. Neste caso, a impedância da rede da concessionária a montante do transformador não é considerada, ou seja, a corrente de curto-círcuito no primário do transformador é infinita. A tabela abaixo apresenta os níveis de curto usuais de transformadores trifásicos utilizados em sistemas de distribuição. Esta considera que a impedância destes transformadores seja equivalente a 5%. Naturalmente, se a instalação for alimentada por dois ou mais transformadores em paralelo, a corrente de curto resultante é o resultado da soma das correntes de curto-círcuito de cada um.

Tabela 42 – Níveis de curto-círcuito estimados no secundário de transformadores de distribuição.

S_n (kVA)	I_{K0} (kA) 220/127V	I_{K0} (kA) 380/220V
15	0,8	0,4
16	0,8	0,5
25	1,2	0,7
30	1,6	0,8
45	2,4	1,2
50	2,5	1,5
63	3,1	1,8
75	3,8	2,2
80	4	2,3
100	5	3
112,5	5,6	3,2
150	7,6	4,4
160	8	4,7
200	10	6
225	11	6,5
250	12	7
300	15	9
315	16	9
400	20	12
500	25	14
630	31	18
750	37	22
800	40	23
1000	50	28

GUIA EM da NBR 5410 – Cap. 5 – pg. 165 [9]



Passo 2 – De posse da corrente resultante do passo 1, e conhecendo os cabos contidos entre o secundário da instalação e o quadro de distribuição, é possível estimar a corrente de curto-circuito trifásica para cada trecho (para cada seção de condutor contido no caminho entre o secundário do transformador e quadro de distribuição terminal), e consequentemente estimar a corrente de curto no ponto de instalação do dispositivo de proteção. A Tabela 43 fornece as correntes de curto em função dos condutores utilizados em cada trecho e seu respectivo comprimento, e da corrente de curto inicial. Os valores contidos nesta tabela considera somente as impedâncias dos cabos e, portanto, não considera a influência dos motores no nível de curto-circuito. Assim, esta tabela somente deve ser utilizada em instalações elétricas onde a presença de motores é pequena.

Tabela 43 – Correntes de curto-circuito presumidas.

	Seção condutor fase (mm^2)		Comprimento do Circuito																						
	Cu	Al	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	100	120	150	200	250	300	350	400	500	700	1000	1200	1500
127 / 220 V	1,5																								
	2,5																								
	4																								
	6	10																							
	10	16																							
	16	25																							
	25	35																							
	35	50																							
	50	70																							
	70	120																							
I _k (kA)	95	150																							
	120	185																							
	150	240																							
	Cor. Curto a montante (kA)		Corrente de Curto-circuito no nível considerado																						
	50	48	47	45	43	40	35	30	26	22	17	14	12	10	8,5	7	5,5	4,5	3,5	2,8	2,4	1,9	1,5	1	0,5
	40	39	38	37	36	33	30	26	23	20	16	13	11	10	8	6,5	5	4,5	3,5	2,8	2,3	1,9	1,4	1	0,5
	35	34	33	32	31	30	27	24	21	18	15	13	11	9,5	8	6,5	5	4,5	3,5	2,8	2,3	1,9	1,4	1	0,5
	30	29	29	28	27	26	24	22	19	17	14	12	10	9	7,5	6,5	5	4,5	3,5	2,7	2,3	1,9	1,4	1	0,5
	25	24	24	24	23	22	21	19	17	15	13	11	10	8,5	7	6	5	4	3,5	2,7	2,3	1,8	1,4	1	0,5
	20	20	19	19	19	18	17	16	15	13	12	10	9	8	6,5	5,5	4,5	4	3,5	2,6	2,2	1,8	1,4	1	0,5
	15	15	15	14	14	14	13	12	11	9,5	8,5	7,5	7	6	5	1,5	3,5	3	2,5	2,1	1,8	1,4	1,0	0,9	0,5
	10	10	10	10	10	10	9	9	8,5	8	7,5	6,5	6	5,5	5	4,5	3,5	3,5	2,8	2,3	2	1,7	1,3	0,9	0,5
	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6	6	5,5	5	5	4,5	4	3,5	3	2,9	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	0,9	0,5
	5	5	5	5	5	5	5	4,5	4,5	4,5	4	4	4	3,5	3,5	3	2,7	2,5	2,2	1,9	1,7	1,4	1,1	0,8	0,5
	4	4	4	4	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	2,8	2,7	2,4	2,2	2	1,7	1,5	1,3	1,1	0,8	0,4	
	3	3	3	3	3	3	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	1	0,7	0,4
	2	2	2	2	2	2	2	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,8	0,6	0,4
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5

GUIA EM da NBR 5410 – Cap. 5 – pg. 167 [9]

Adicionalmente à capacidade de interrupção de curtos-circuitos, a integral de Joule (energia) que o dispositivo de proteção deixa passar, deve ser inferior ou igual à energia necessária para aquecer o condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura limite de curto-circuito. Quando a assimetria da corrente de curto-circuito não é significativa ou, quanto o curto é assimétrico, mas sua duração é superior a alguns ciclos ($0,1 \leq t \leq 5s$), a seguinte expressão pode ser utilizada:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 \cdot S^2 \quad \text{Exp. (19)}$$

Onde: I : corrente de curto-circuito presumida simétrica, valor eficaz;
 t : é a duração do curto-circuito, calculado para o disjuntor (curvas do fabricante), em segundos;
 K : constante definida pelo tipo de isolamento do condutor;
 S : seção do condutor em mm^2 .

Através da curva de I^2t fornecida pelo fabricante do dispositivo de proteção e da curva I^2t fornecida pelo fabricante do condutor verifica-se o atendimento a esta condição. De forma conservativa, pode-se utilizar o maior valor de energia que o dispositivo de proteção deixa e passar e, conhecendo o valor de K (da expressão 19) determinar a seção mínima do condutor protegido por este dispositivo.

A figura abaixo ilustra curvas I^2t para mini-disjuntores LEGRAND [10].

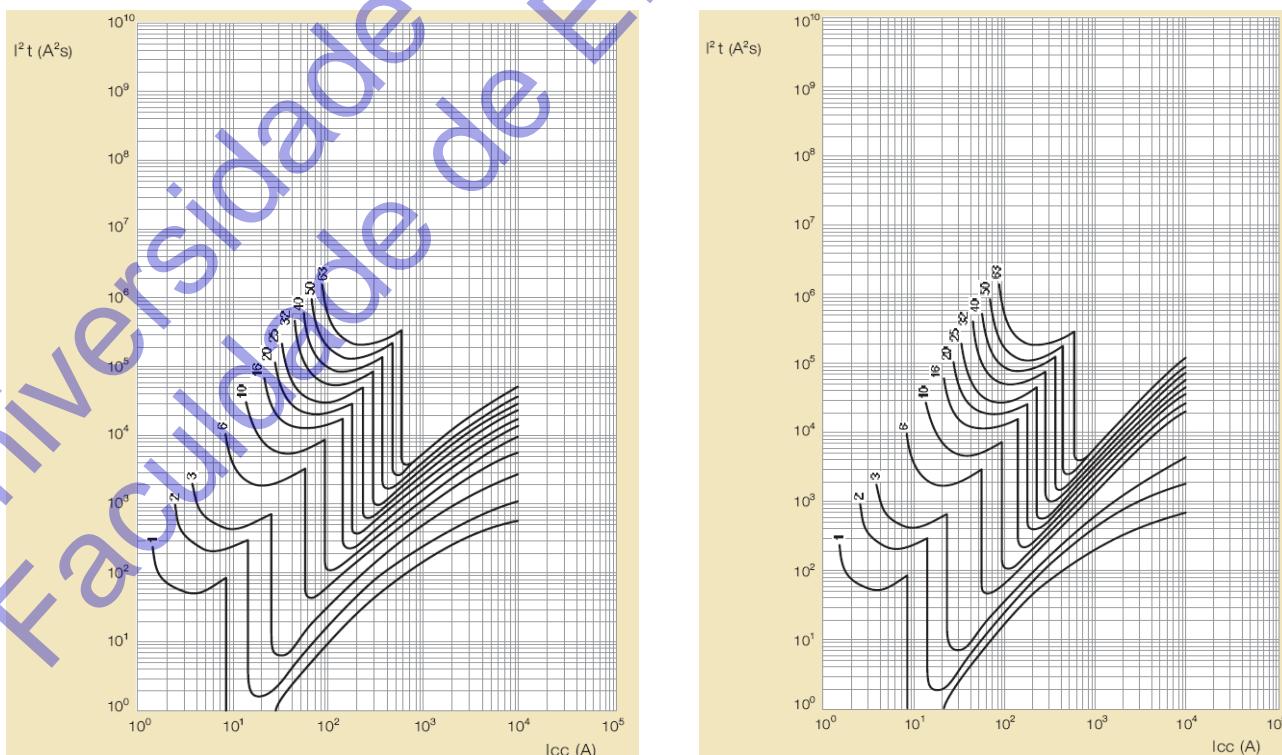


Figura 31 – Curvas I^2t para mini-disjuntores LEGRAND bipolares (esquerda) e unipolares (direita). [10]



De acordo com a figura anterior, a máxima energia que o disjuntor de 10 A (unipolar) deixa passar é inferior a $2,7 \times 10^4 \text{ A}^2\text{s}$ (corresponde a ponto final da curva, na região de disparo magnético e para a máxima corrente de interrupção). Para uma corrente de curto-círcuito de 3.000 A, a energia passante seria inferior a $8 \times 10^3 \text{ A}^2\text{s}$. Em ambos os casos, utilizando o valor K da Tabela 44, um condutor de cobre de $1,5 \text{ mm}^2$ estaria protegido (primeiro caso $S \geq 1,43 \text{ mm}^2$; segundo caso $S \geq 0,77 \text{ mm}^2$).

Tabela 44 – Valores para a constante K.

Material	Isolação						
	PVC		> 300 mm ²		EPR / XLPE		
	≤ 300 mm ²	> 300 mm ²	Temperatura	Initial 70°C	Final 140°C	Initial 90°C	Final 250°C
Cobre	115			103		143	
Alumínio	76			68		94	

Conforme NBR 5410:2004 - Tabela 30 pg. 68

Esta condição está garantida quando os dispositivos de proteção contra sobrecarga (disjuntores) são fabricados de acordo com as normas IEC.

f) Choques elétricos

A proteção contra choques elétricos em esquemas TN e IT, quando pertinente, deve ser provida através do seccionamento automático da alimentação e a equipotencialização da proteção. Não obstante a este critério de dimensionamento de condutores, a proteção contra choques elétricos é parte fundamental em qualquer projeto de instalação elétrica. Assim, antes de analisar o seccionamento automático da alimentação, na sequência são apresentados conceitos básicos relativos à proteção contra choques elétricos.

Proteção contra choques elétricos [6] [9]

A regra fundamental da proteção contra choques elétricos, indistintamente, para produtos e instalações é que: partes vivas perigosas não devem ser acessíveis; e partes condutivas (de material condutor) acessíveis (massas) não devem oferecer perigo, seja em condições normais, seja, em particular, em caso de alguma falha que as tornem accidentalmente vivas.



Da regra fundamental conclui-se, portanto, que a proteção contra choques elétricos deve ser garantida através de duas disposições protetoras, ou duas “linhas de defesa”, quais sejam:

- Uma proteção básica, que assegura a proteção contra choques elétricos em condições normais, mas que é susceptível de falhar, devendo esta possibilidade de falha ser levada em conta; e
- Uma proteção supletiva, que assegure a proteção contra choques elétricos em caso de falha da proteção básica. Esta proteção supletiva pode ser implementada: no equipamento ou componente; na instalação; ou em parte da instalação ou equipamento.

Assim, a instalação de um equipamento deve ser compatível com a proteção contra choques de que ele é dotado. Do ponto de vista da proteção contra choques elétricos, a normalização prevê quatro classes de equipamentos (Tabela 45).

Tabela 45 – Combinações mais comuns visando a proteção contra choques elétricos (equipamento + instalação, ou só equipamento).

Classes	Proteção básica	Proteção supletiva
0	Isolação básica	Ambiente (locais não condutores) Separação elétrica (um único equipamento alimentado)
I	Isolação básica	Equipotencialização da proteção Seccionamento automático da alimentação
II	Isolação reforçada ou disposições construtivas equivalentes	Isolação suplementar
III	Limitação da tensão	Separação de proteção de outros circuitos e separação básica da terra

Nota-se que as diferentes classes de proteção não são aplicáveis única e exclusivamente a equipamentos elétricos, no sentido estrito do termo (isto é, equipamentos de utilização, como aparelhos eletrodomésticos, por exemplo), mas também a componentes e a disposições ou soluções construtivas na instalação. Um bom exemplo é o da classe II: podemos ter equipamentos prontos de fábrica classe II, como são as ferramentas elétricas com dupla isolamento, quanto arranjos construtivos conceitualmente classe II, como seria o caso de uma linha elétrica constituída de condutores isolados em eletroduto isolante. Neste caso, um produto com apenas uma isolamento básico (condutor) associado a outro componente (eletroduto), resulta numa solução equivalente à classe II. Outro exemplo é o da classe III. Equipamentos classe III são dispositivos alimentados em extrabaixa tensão de segurança ou SELV. A NBR 5410 define SELV (do inglês “separated extra-low voltage”) como um



sistema de extrabaixa tensão que é eletricamente separado da terra, de outros sistemas e de tal modo que a ocorrência de uma única falta não resulta em risco de choque elétrico. Num sistema SELV, na maioria dos casos, é difícil até mesmo avaliar, o que é do domínio dos materiais/equipamentos e o que é do domínio da instalação.

Tendo em mente a combinação *proteção básica + proteção supletiva*, que traduz o espírito da proteção contra choques consagrada pela normatização internacional, fica mais fácil compreender as regras pertinentes na NBR 5410. Mas convém ainda trocar em miúdos alguns conceitos e definições relativos à matéria, a maioria dos quais figura, explicita ou implicitamente na Tabela 45.

Isolação básica: isolação aplicada às partes vivas, destinada a assegurar proteção básica contra choques elétricos. Ela não inclui, necessariamente, a isolação utilizada exclusivamente para fins funcionais.

Isolação suplementar: isolação independente e adicional à isolação básica, destinada a assegurar proteção contra choques elétricos em caso de falha da isolação básica (ou seja, assegurar proteção supletiva);

Dupla isolação: isolação compreendendo, ao mesmo tempo, uma isolação básica e uma isolação suplementar.

Isolação reforçada: isolação única, aplicada às partes vivas, que assegura um grau de proteção contra choques elétricos equivalente ao da dupla isolação. A expressão “isolação única” não implica que a solução deva constituir uma peça homogênea. Ela pode comportar diversas camadas impossíveis de serem ensaiadas isoladamente, como isolação básica ou como isolação suplementar.

Equipotencialização da proteção: num equipamento significa que as partes que compõem a massa do equipamento (já que raramente a massa é uma peça única) devem constituir um conjunto equipotencial, provido, ademais, de meios para conexão a um condutor de proteção externo. Nota-se que, por definição, compõem a massa do equipamento todas as partes condutivas que podem ser tocadas e que não são normalmente vivas, mas que podem se tornar vivas em caso de falta. Deve ser também integrada a esse conjunto equipotencial qualquer blindagem de proteção, se existente. É uma exigência que figura nas normas dos equipamentos, aplicável, naturalmente, às versões classe I dos equipamentos.

Ligação equipotencial: é a equipotencialização de proteção aplicada à instalação elétrica (ou parte desta) e ao seu ambiente. Seu objetivo é evitar diferenças de potencial perigosas – entre massas e entre massas e os chamados elementos condutivos estranhos à instalação.



Separação de proteção: separação entre circuitos por uma proteção básica e uma proteção supletiva, ou solução equivalente. Isto significa que o circuito protegido deve ser separado de outros circuitos por qualquer um dos seguintes meios:

- isolação básica mais isolação suplementar, ou seja, dupla isolação;
- isolação reforçada;
- blindagem de proteção;
- combinação das possibilidades anteriores.

Blindagem de proteção: blindagem condutiva interposta entre as partes vivas perigosas de uma instalação, sistema ou equipamento e a parte (da instalação, sistema ou equipamento) objeto da proteção. A blindagem deve integrar a equipotencialização do equipamento ou instalação e, portanto, deve dispor de, ou estar ligada a, meios de conexão ao condutor de proteção. Enfim, quando uma separação de proteção é realizada por meio de blindagem de proteção, os condutores dos circuitos a serem separados devem sê-lo, por exemplo, por uma blindagem metálica:

- separada de cada circuito adjacente por uma isolação básica dimensionada de acordo com a tensão do circuito correspondente;
- conectada, direta ou indiretamente, a terminal para ligação do condutor de proteção externo, e
- capaz de suportar as solicitações térmicas e dinâmicas que podem ocorrer em caso de falha do isolamento.

Separação básica: é a separação entre circuitos provida pela isolação básica.

Ligação Equipotencial

Ao tratar da ligação equipotencial principal, a NBR 5410 especifica que tubulações como as de água, gás e esgoto, quando metálicas, sejam nela incluídas. A conexão destas tubulações na ligação equipotencial principal deve ser efetuada o mais próximo possível do ponto em que penetram na edificação. A interligação destes e outros elementos metálicos provenientes do exterior, entre si e a elementos condutivos da própria edificação, visa evitar, através da equipotencialização, que faltas de origem externa deem margem ao aparecimento de diferenças de potencial perigosas entre os elementos condutivos no interior da edificação. É uma exigência clara e categórica da NBR 5410.

Uma dúvida frequente dos profissionais de instalações refere-se aos procedimentos para executar a conexão que integrará as canalizações metálicas, em particular, a de gás, à ligação equipotencial principal. De fato, a canalização de gás merece maiores cuidados e, nesse particular, convém respeitar as seguintes recomendações, adotadas em vários países europeus:

- a mudança de materiais, nas conexões, não deve ser efetuada sobre a parede da canalização, a fim de evitar as corrosões provocadas por pares galvânicos;
- tratando-se de canalizações de aço ou cobre, as conexões devem ser constituídas por cintas ou presilhas da mesma natureza da canalização e montadas sobre esta por soldagem (aço) ou brasagem (cobre).
- no caso de canalização de alumínio, a solução mais frequente consiste em utilizar uma braçadeira de mesma liga, fixada sobre a canalização por meio de parafusos passantes e porcas em aço inoxidável.

Por outro lado, é recomendável dotar a própria canalização de gás de uma luva isolante, próximo ao seu afloramento na edificação (ver figura). Esta luva protegerá a rede de distribuição pública de gás, isolando-a eletricamente da instalação interior da edificação.

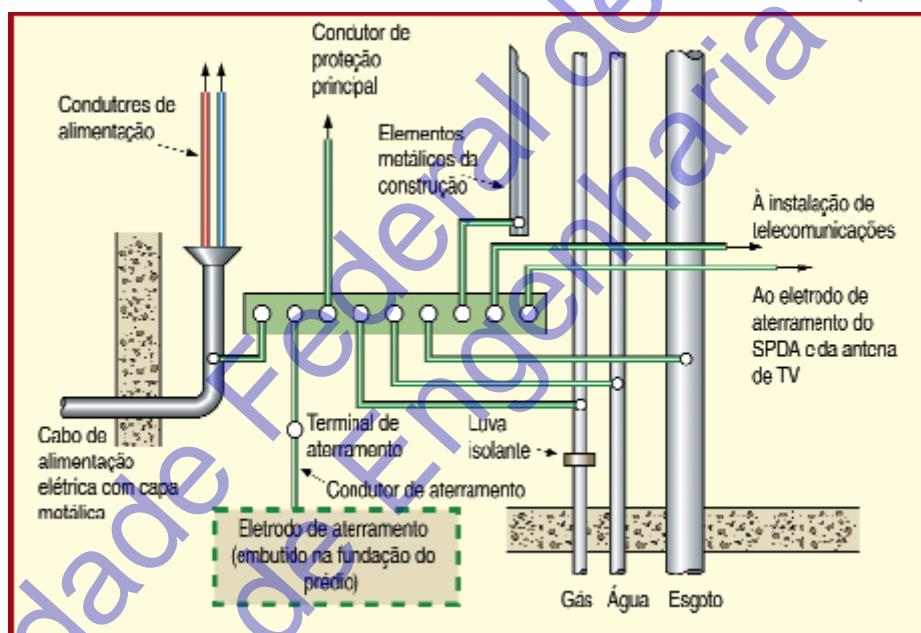


Figura 32 – Esquema de ligação equipotencial principal.

Consequentemente, a equipotencialização, deve ser realizada após esta luva isolante, ou seja, do lado interno da edificação. Além disso, o trecho de canalização entre o ponto de penetração e a luva isolante deve ser isolado de qualquer elemento metálico da edificação; quando a extensão desse trecho exigir que a canalização seja fixada em um ou mais pontos à edificação, deve-se interpor um elemento isolante entre a canalização e cada uma das fixações.

Convém lembrar, que a NBR 5410 proíbe utilizar as canalizações de gás, água e de outros serviços como eletrodo de aterramento.



Outro dado importante a ser mencionado é que a NBR 5410 inclui, expressamente, entre os elementos que devem figurar na ligação equipotencial principal, o eletrodo de aterramento do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (para-raios predial) da edificação e o da antena externa de televisão – diretamente ou via eletrodo de aterramento comum, quando de fato o sistema de para-raios e a antena utilizarem um eletrodo de aterramento comum ao do sistema elétrico.

Seccionamento automático da alimentação

A medida de proteção por seccionamento automático da alimentação, que é prescrita na seção 5.1.2.2.4 da NBR 5410, destina-se a evitar que uma tensão de contato se mantenha por um tempo que possa resultar em risco de efeito fisiológico perigoso para as pessoas, durante uma falta de isolamento em um componente do circuito. Os efeitos fisiológicos devido à corrente de choque são apresentados na IEC 60479-1.

Para atender a esta prescrição, no caso de uma falta, um dispositivo de proteção deve interromper a corrente de falta em um tempo suficientemente curto para evitar que a tensão de contato se mantenha por um tempo longo o suficiente para ser perigosa.

O recurso do seccionamento automático, que promove o desligamento do circuito em que se manifesta a tensão de contato perigosa, é usado quando a equipotencialização não é o suficiente para impedir o aparecimento de tensões de contato perigosas. Isto ocorre quando o esquema de aterramento é TN ou TT.

Os dispositivos de seccionamento automático da alimentação são: dispositivo a sobrecorrente (disjuntor) ou dispositivo a corrente residual-diferencial (DR). A utilização de um destes dispositivos ou de ambos depende do tipo de esquema de aterramento utilizado. Assim temos:



Esquema TN-C: o dispositivo capaz de garantir a proteção por seccionamento automático é necessariamente um dispositivo a sobrecorrente, dada a incompatibilidade entre o condutor PEN e o princípio de funcionamento dos dispositivos diferencias-residuais.

Esquema TN-S: é possível utilizar tanto o dispositivo a sobrecorrente quanto o diferencial-residual.

Esquema TT: somente é possível o dispositivo a corrente diferencial-residual.

Esquema IT: quando as massas estão aterradas individualmente, ou por grupos, aplicam-se as regras prescritas para o esquema TT, portanto dispositivos DR. Quando todas as massas são interligadas, valem as regras do esquema TN, portanto dispositivo a sobrecorrente ou DR.

Agora, independentemente do esquema de aterramento TT, TN-S ou IT, o uso de dispositivo DR, mais particularmente o de alta sensibilidade (isto é, com corrente diferencial-residual $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) é obrigatório nos casos previstos no item 5.3.b desta apostila.

Seccionamento automático através de disjuntor

No estudo do seccionamento automático usando dispositivo a sobrecorrente, é suficiente analisar a aplicação do dispositivo ao esquema TN. De um lado, porque a norma não admite este tipo de seccionamento ao esquema TT. E, de outro, porque a análise aplicável ao caso de segunda falta no esquema IT, quando se tem um IT com todas as massas interligadas, é exatamente a mesma feita para o TN.

O uso de dispositivos de proteção contra sobrecorrentes (disjuntores ou dispositivos fusíveis) para assegurar a proteção contra choques por seccionamento automático da alimentação em caso de falta em um esquema TT não é permitido, pois exige valores extremamente baixos de resistência de aterramento. Estes valores são de obtenção muito difícil na prática e não podem ser garantidos ao longo da vida da instalação.



O seccionamento automático através de um disjuntor é garantido quando a corrente de falta for suficiente para assegurar atuação instantânea do mesmo. Ou seja, o disparo magnético deve atuar.

Para que esta condição seja satisfeita a impedância da falta deve possuir valores compatíveis. Diante desta exigência, o comprimento do circuito deve estar dentro de limites para os quais ao ocorrer uma falta a impedância dos condutores envolvidos não reduza a corrente a níveis inferiores ao disparo magnético do disjuntor.

Diante do exposto, para o esquema TN, o comprimento máximo do circuito deve ser:

$$L_{máx} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S}{\rho \cdot (1+m) \cdot I_a} \quad \text{Exp. (20)}$$

$$\text{Ou, seja: } S_{mín} = \frac{\rho \cdot (1+m) \cdot I_a \cdot L_{cir}}{0,8 \cdot U_0} \quad \text{Exp. (21)}$$

Onde:

$L_{máx}$: comprimento máximo do circuito;

L_{cir} : comprimento do circuito (carga mais distante);

U_0 : tensão fase-neutro;

S : seção do condutor fase em mm^2 ;

ρ : resistividade do material condutor (cobre= $0,0225 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$; alumínio = $0,0363 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$);

m : relação entre a seção do condutor fase e o condutor de proteção.

I_a : corrente de atuação instantânea do disjuntor (Curva B = $5 \times I_N$; Curva C = $10 \times I_N$; Curva D = $10 \times I_N$)

Diante do exposto, para o esquema IT, o comprimento máximo do circuito deve ser:

$$L_{máx} = 0,5 \cdot \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S}{\rho \cdot (1+m) \cdot I_a} \quad \text{Exp. (22)}$$

$$\text{Ou, seja: } S_{mín} = 2 \cdot \frac{\rho \cdot (1+m) \cdot I_a \cdot L_{cir}}{0,8 \cdot U_0} \quad \text{Exp. (23)}$$

Seccionamento automático através de DR

Nos esquemas TT, TN-S e IT, a utilização de dispositivos DR de alta sensibilidade garante o seccionamento automático da alimentação nos exigidos pela norma.



8.2 - Dimensionamento do condutor neutro

O condutor neutro deve possuir a mesma seção que os condutores fase nos seguintes casos:

- Circuitos monofásicos;
- Circuitos bifásicos com neutro (2 fases + neutro), quando a taxa de 3^a harmônica e seus múltiplos não for superior a 33%;
- Circuitos trifásicos com neutro, quando a taxa de 3^a harmônica e seus múltiplos não for superior a 33%;
- Quando em um circuito bifásico ou trifásico com neutro possuir uma taxa de 3^a harmônica e seus múltiplos superiores a 33%, pode ser necessário um condutor neutro com seção superior à dos condutores fase.

Conforme NBR 5410:2004, item 6.2.6.2.6, apenas nos circuitos trifásicos é admitida a redução do condutor neutro. Tal procedimento deve atender, simultaneamente, as três condições seguintes:

- O circuito for presumivelmente equilibrado, em serviço normal;
- A corrente das fases **não** contiver uma taxa de 3^a harmônica e seus múltiplos superiores a 15%;
- O condutor neutro for protegido contra sobrecorrentes.

Nestes casos, os seguintes valores mínimos podem ser adotados para a seção do condutor neutro.

Tabela 46 – Seção mínima do condutor neutro.

Seção dos condutores fase (mm^2)	Seção mínima do condutor neutro (mm^2)
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 48 pg. 115

Quando, num circuito trifásico com neutro ou num circuito com duas fases e neutro, a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 33%, a corrente que circula pelo neutro é superior à corrente das fases. A seção do condutor neutro pode ser determinada calculando-se a corrente no neutro sob a forma:



$$I_N = f_h I_B$$

Exp. (24)

Onde: I_B : corrente de projeto eficaz;
 f_h : fator de correção em função da taxa de harmônicos triplos.

Tabela 47 – Fatores de correção para harmônicos.

Taxa de Harmônicos Triplos	Círculo trifásico com neutro	f_h	Círculo com duas fases e neutro
33% a 35%	1,15		1,15
36% a 40%	1,19		1,19
41% a 45%	1,24		1,23
46% a 50%	1,35		1,27
51% a 55%	1,45		1,30
56% a 60%	1,55		1,34
61% a 65%	1,64		1,38
$\geq 66\%$	1,73		1,41

Conforme NBR 5410:2004 - Tabela F.1 pg. 196

Vale lembrar que o cálculo da corrente eficaz é dado pela seguinte equação:

$$I_B = \sqrt{I_1^2 + \sum_2^h I_h^2} \quad \text{Exp. (25)}$$

Onde: I_1, I_h : corrente fundamental e harmônicas.

O cálculo da corrente de projeto realizado para o condutor fase deve ser idêntico à expressão 25 quando a carga for não linear, ou seja, possua correntes harmônicas.

8.3 - Dimensionamento do condutor de proteção

A NBR 5410:2004 recomenda o uso de Condutores de Proteção (designados por PE), que, preferencialmente, deverão ser condutores isolados, cabos unipolares ou veias de cabos multipolares. A Tabela seguinte indica a seção mínima do condutor de proteção em função da seção dos condutores fase do circuito. Em alguns casos, admite-se o uso de um condutor com a função dupla de neutro e condutor de proteção. É o condutor PEN (PE + N), cuja seção mínima é de 10mm².

Tabela 48 – Seção mínima do condutor de proteção

Seção do condutor fase (mm ²)	Seção do condutor de proteção (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

De acordo com a NBR 5410:2004 - Tabela 58 pg. 150



A seção de qualquer condutor de proteção que não faça parte do mesmo cabo ou não esteja contido no mesmo conduto fechado que os condutores de fase não deve ser inferior a:

- 2,5 mm² em cobre/16 mm² em alumínio, se for provida proteção contra danos mecânicos;
- 4 mm² em cobre/16 mm² em alumínio, se não for provida proteção contra danos mecânicos.

9 - Dimensionamento de Eletrodutos

Na utilização de condutos fechados (eletrodutos) deve observar as seguintes exigências:

- Os circuitos devem pertencer à mesma instalação (mesmo Quadro);
- Os condutores devem ser semelhantes (intervalo de 3 seções normalizadas);
- Todos os condutores devem possuir a mesma temperatura máxima;
- Todos os condutores devem ser isolados para a maior tensão nominal;
- É vedada a utilização de eletrodutos que não sejam expressamente apresentados e comercializados como tal;
- A NBR 5410 somente permite a utilização de eletrodutos não-propagantes de chama e, quando embutidos, suportem os esforços de deformação característicos da técnica construtiva utilizada;
- Nos eletrodutos só devem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares e multipolares;
- Normalmente, em instalações elétricas de baixa tensão, utiliza-se eletrodutos de PVC rígido, quando a instalação for embutida, ou eletrodutos metálicos, quando aparente.
- Os condutores ou cabos não devem ocupar uma percentagem da área útil do eletroduto maior do que está indicado na tabela abaixo:

Tabela 49 – Ocupação máxima de eletrodutos.

Quantidade de condutores ou cabos	Taxa máxima de ocupação dos eletrodutos
1	53%
2	31%
3 ou mais	40%

Tradicionalmente, no Brasil, os eletrodutos eram designados por seu diâmetro interno em polegadas.

Com o advento das novas normas, a designação passou a ser feita pelo tamanho nominal, um simples número sem dimensão.



Tabela 50 – Correspondência entre tamanho nominal e polegadas.

Tamanho nominal	Eletroduto rígido de PVC Diâmetro interno (polegadas) (designação da rosca)
16	$\frac{1}{2}$
20	$\frac{3}{4}$
25	1
32	$1\frac{1}{4}$
40	$1\frac{1}{2}$
50	2
60	$2\frac{1}{2}$
75	3
85	$3\frac{1}{2}$

Instalações Elétricas, Cotrim, A – pg. 265

Outras características de eletrodutos e caixas de passagem exigidas pela NBR 5410:

- Em função das influências externas, dependendo da altura e do tipo de edificação vertical, os eletrodutos não metálicos, além de serem não propagantes de chama, deverão ser isentos de halogênio, e ter baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.
- Os trechos contínuos de tubulação, sem interposição de caixas ou equipamentos, não devem exceder 15 m de comprimento para linhas internas às edificações e 30 m para as linhas em áreas externas às edificações, se os trechos forem retilíneos. Se os trechos incluírem curvas, o limite de 15 m e o de 30 m devem ser reduzidos em 3 m para cada curva de 90°.

NOTA: Quando não for possível evitar a passagem da linha por locais que impeçam, por algum motivo, a colocação de caixa intermediária, o comprimento do trecho contínuo pode ser aumentado, desde que seja utilizado um eletroduto de tamanho nominal imediatamente superior para cada 6 m, ou fração, de aumento da distância máxima calculada. Assim, um aumento, por exemplo, de 9 m implica um eletroduto com tamanho dois degraus acima do inicialmente definido, com base na taxa de ocupação máxima.

- Em cada trecho de tubulação delimitado, de um lado e de outro, por caixa ou extremidade de linha, qualquer que seja essa combinação (caixa-caixa, caixa-extremidade ou extremidade-extremidade), podem ser instaladas no máximo três curvas de 90° ou seu equivalente até no máximo 270°. Em nenhuma hipótese devem ser instaladas curvas com deflexão superior a 90°;
- As curvas, quando originadas do dobramento do eletroduto, sem o uso de acessório específico, não devem resultar em redução das dimensões internas do eletroduto;
- Devem ser empregadas caixas:
 - a) em todos os pontos da tubulação onde houver entrada ou saída de condutores, exceto nos pontos de transição de uma linha aberta para a linha em eletrodutos, os quais, nestes casos, devem ser rematados com buchas;
 - b) em todos os pontos de emenda ou de derivação de condutores;



- c) sempre que for necessário segmentar a tubulação, para atendimento do comprimento máximo da tubulação.
 - A localização das caixas deve ser de modo a garantir que elas sejam facilmente acessíveis. Elas devem ser providas de tampas ou, caso alojem interruptores, tomadas de corrente e congêneres, fechadas com os espelhos que completam a instalação desses dispositivos. As caixas de saída para alimentação de equipamentos podem ser fechadas com as placas destinadas à fixação desses equipamentos.
- NOTA: Admite-se a ausência de tampa em caixas de derivação ou de passagem instaladas em forros ou pisos falsos, desde que essas caixas efetivamente só se tornem acessíveis com a remoção das placas do forro ou do piso falso e que se destinem exclusivamente a emenda e/ou derivação de condutores, sem acomodar nenhum dispositivo ou equipamento.
- Os condutores devem formar trechos contínuos entre as caixas, não se admitindo emendas e derivações senão no interior das caixas. Condutores emendados ou cuja isolação tenha sido danificada e recomposta com fita isolante ou outro material não devem ser enfiados em eletrodutos.
 - Na montagem das linhas a serem embutidas em concreto armado, os eletrodutos devem ser dispostos de modo a evitar sua deformação durante a concretagem. As caixas, bem como as bocas dos eletrodutos, devem ser fechadas com vedações apropriadas que impeçam a entrada de argamassas ou nata de concreto durante a concretagem.
 - As junções dos eletrodutos embutidos devem ser efetuadas com auxílio de acessórios estanques aos materiais de construção.
 - Os eletrodutos só devem ser cortados perpendicularmente ao seu eixo. Deve ser retirada toda rebarba suscetível de danificar a isolação dos condutores.
 - Nas juntas de dilatação, os eletrodutos rígidos devem ser seccionados, o que pode exigir certas medidas compensatórias, como, por exemplo, o uso de luvas flexíveis ou cordoalhas destinadas a garantir a continuidade elétrica de um eletroduto metálico.
 - Quando necessário, os eletrodutos rígidos isolantes (PVC ou PEAD) devem ser providos de juntas de expansão para compensar as variações térmicas.
 - A eniação dos condutores só deve ser iniciada depois que a montagem dos eletrodutos for concluída, não restar nenhum serviço de construção suscetível de danificá-los e a linha for submetida a uma limpeza completa.
 - Em qualquer situação os eletrodutos devem suportar os esforços mecânicos, químicos, elétricos e térmicos a que ficam submetidos nas condições da instalação.
 - Para facilitar a eniação dos condutores, podem ser utilizados:



a) guias de puxamento; e/ou

b) talco, parafina ou outros lubrificantes que não prejudiquem a isolação dos condutores.

NOTA: Os guias de puxamento só devem ser introduzidos após finalizadas as tubulações, e não durante sua execução.

As tabelas apresentadas na sequência permitem o cálculo da área interna dos eletrodutos de PVC.

Adicionalmente, a Tabela 53 fornece os valores das áreas ocupadas por condutores isolados.

Tabela 51 –Eletroducto Rígido de PVC Tipo Roscável (NBR 6150)

Tamanho Nominal	Externo (mm)	Espessura da parede Classe A	Espessura da parede Classe B	Área interna disponível (mm²)* Classe A	Área interna disponível (mm²)* Classe B
16	16,7 ± 0,3	2,0	1,8	120,77	128,67
20	21,1 ± 0,3	2,5	1,8	196,07	232,35
25	26,2 ± 0,3	2,6	2,3	336,52	356,32
32	33,2 ± 0,3	3,2	2,7	551,55	593,95
40	42,2 ± 0,3	3,6	2,7	945,70	1.023,55
50	47,8 ± 0,4	4,0	3,0	1.219,22	1.346,15
60	59,4 ± 0,4	4,6	3,1	1.947,82	2.189,57
75	75,1 ± 0,4	5,5	3,8	3.186,90	3.536,17
85	88,0 ± 0,4	6,2	4,0	4.441,45	4.976,40

* Valores calculados por $A = \pi /4 * (\text{diâmetro externo} - \text{tolerância} - 2 * \text{espessura parede})^2$

Tabela 52 –Eletroducto Rígido de PVC Tipo Soldável (NBR 6150)

Tamanho Nominal	Externo (mm)	Espessura da parede Classe A	Espessura da parede Classe B	Área interna disponível (mm²)* Classe A	Área interna disponível (mm²)* Classe B
16	16,0 ± 0,3	1,5	1,0	126,67	147,40
20	20,0 ± 0,3	1,5	1,0	219,05	246,05
25	25,0 ± 0,3	1,7	1,0	256,32	404,70
32	32,0 ± 0,4	2,1	1,0	593,95	692,80
40	40,0 ± 0,4	2,4	1,0	951,15	1.103,70
50	50,0 ± 0,4	3,0	1,1	1.493,00	1.764,60
60	60,0 ± 0,4	3,3	1,3	2.206,17	2.551,75
75	75,0 ± 0,4	4,2	1,5	3.441,95	4.026,40
85	85,0 ± 0,4	4,7	1,8	4.441,45	5.153,00

* Valores calculados por $A = \pi /4 * (\text{diâmetro externo} - \text{tolerância} - 2 * \text{espessura parede})^2$

Tabela 53 –Condutores Prysmian 750 V BWF Antiflam[11]*

Seção nominal (mm²)	Fio Superastic		Cabo Superastic		Cabo Superastic Flex	
	Diâmetro Externo nominal (mm)	Área Total (mm²)	Diâmetro Externo nominal (mm)	Área Total (mm²)	Diâmetro Externo nominal (mm)	Área Total (mm²)
1,5	2,8	6,15	-	-	3,0	7,07
2,5	3,4	9,08	-	-	3,6	10,17
4	3,9	11,94	-	-	4,2	13,85
6	4,4	15,20	-	-	4,7	17,35
10	5,6	24,63	5,9	27,34	6,0	28,27
16	-	-	6,9	37,39	7,6	45,36
25	-	-	8,5	56,74	9,4	69,40
35	-	-	9,5	70,88	10,8	91,60
50	-	-	11,0	95,03	12,8	128,68
70	-	-	13,0	132,73	14,6	167,41
90	-	-	15,0	176,71	16,8	221,67
120	-	-	16,5	213,82	18,7	274,07
150	-	-	18,0	254,47	20,9	343,07

* Área Total calculada por $A = \pi /4 * (\text{diâmetro externo nominal})^2$



10 - Engenharia Biomédica

A Engenharia Clínica, que é responsável pela manutenção e sustentabilidade dos meios hospitalares, é uma das áreas de atuação do engenheiro biomédico. O engenheiro clínico desempenha diversas funções para garantir o bom funcionamento do ambiente hospitalar, gerenciando os equipamentos existentes e atuando em questões administrativas. As instalações elétricas também são de responsabilidade deste profissional e requerem uma atenção especial. Quando se desenvolver um projeto de um estabelecimento assistencial de saúde, este deve ser feito seguindo as normas e coerente com a realidade de cada estabelecimento, para garantir segurança elétrica aos pacientes, corpo médico e proteção aos equipamentos eletromédicos, reduzindo assim despesas com queima de equipamentos e ainda permitindo uma continuidade operacional do estabelecimento de saúde.

Com objetivo de estabelecer normas e critérios para as instalações elétricas, seja para novas instalações ou instalações já existentes, foi criada em 1995, a NBR 13534, um complemento da NBR - 5410. Esta versão foi revisada em 2008 e atende pelo nome NBR 13534 – Instalações elétricas de baixa tensão – Requisitos específicos para instalação em estabelecimentos assistenciais de saúde. Soma-se a esta norma a resolução RDC 50 elaborada pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Esta resolução regulamenta todos os projetos físicos de estabelecimentos de saúde, inclusive centros cirúrgicos e clínicas.

As instalações elétricas devem seguir a NBR 5410 juntamente com a NBR 13534 e a RDC 50. Fundamentalmente a instalação elétrica é a mesma, mas adicionam-se normas que visam proporcionar segurança aos pacientes e equipe médica.

A grande preocupação fica por conta do fornecimento contínuo de energia elétrica, ou seja, a instalação elétrica de emergência. É obrigatória a existência de uma fonte de segurança capaz de garantir o fornecimento por no mínimo 24 horas, em caso de falha da alimentação normal. Cada



instalação elétrica de emergência recebe uma classificação quanto à classe, de acordo com o tempo de restabelecimento da alimentação.

Tabela 54 – Classes de alimentação de segurança

Classe	Descrição
Classe 0,5	Trata-se de uma fonte capaz de assumir automaticamente o suprimento de energia em no máximo 0,5 segundos e mantê-la por no mínimo 1 hora. Essa classe destina-se à alimentação de luminárias cirúrgicas.
Classe 15	Equipamentos eletromédicos utilizados em procedimentos cirúrgicos, sustentação de vida (p. ex. equipamentos de ventilação mecânica) e aqueles integrados ao suprimento de gases devem ter sua alimentação chaveada automaticamente para a fonte de emergência em no máximo 15 segundos, quando a rede elétrica acusar queda superior a 10% do valor nominal por um período superior a 3 segundos, devendo garantir o suprimento por 24 horas.
Classe > 15	Equipamentos eletroeletrônicos não ligados diretamente a pacientes, como por exemplo, equipamentos de lavanderia, esterilização de materiais, admitem um chaveamento automático ou manual para a fonte de emergência em um período superior a 15 segundos, devendo garantir o suprimento por no mínimo 24 horas.

A NBR 13534 também estabelece uma divisão de cada ambiente por grupos, de acordo com a atividade realizada no local e dos equipamentos presentes, como segue abaixo:

Tabela 55 – Classificação do local de acordo com a atividade realizada

Local	Descrição
Grupo 0	Recinto no qual não são utilizados equipamentos eletromédicos com parte aplicada ao corpo humano.
Grupo 1	Recinto no qual se prevê o uso de equipamentos eletromédicos, mas não para aplicação cardíaca direta.
Grupo 2	Recinto no qual se prevê o uso de equipamentos eletromédicos com aplicação cardíaca direta e equipamentos essenciais à manutenção da vida do paciente

10.1 - Classificação dos ambientes por classe e grupo

A RDC 50 estabeleceu como deve ser classificado cada ambiente hospitalar. Segue abaixo diversas tabelas com essas classificações. Esta resolução determina ainda que:

- Os ambientes do Grupo 2 devem possuir, no mínimo, dois circuitos elétricos independentes e preferencialmente com luminárias intercaladas e todas essas devem ser interligadas ao sistema de emergência;
- Pelo menos uma luminária de cada um dos ambientes das unidades que possuam Grupo 1 deve ser integrada ao sistema de emergência;
- Todos os demais ambientes não citados não necessitam estar ligados a um sistema de emergência

**a) Ambulatório***Tabela 56 –Enfermagem*

Descrição	Grupo e classe
Sala de reidratação (oral e venosa)	Grupo 1, Classe 15
Posto de enfermagem e serviços	Grupo 0, Classe > 15
Demais salas	Grupo 1, Classe 15

b) Atendimento Imediato*Tabela 57 – Atendimentos de urgência e emergência*

Descrição	Grupo e classe
Sala de inalação, reidratação, sala para exame indiferenciado, oftalmologia, otorrinolaringologia, ortopedia, odontológico individual.	Grupo 1, Classe 15
Demais	Grupo 0, Classe > 15

Tabela 58 –Atendimentos de urgência (alta complexidade) e emergência

Descrição	Grupo e classe
Sala de procedimentos invasivos, de emergências (politraumatismo, parada cardíaca)	Grupo 2, Classe 0,5
Sala de isolamento, coletiva de observação, manutenção de paciente com morte cerebral.	Grupo 1, Classe 15

c) Internação*Tabela 59 –Internação geral*

Descrição	Grupo e classe
Posto de enfermagem, sala de serviço, sala de exames e curativos e área de recreação.	Grupo 0, Classe > 15
Internação geral de recém-nascidos (neonatologia)	Grupo 1, Classe 15
Internação para tratamento de queimados (UTQ)	Grupo 1, Classe 15
Demais	Grupo 1, Classe 15

Tabela 60 –Internação intensiva - UTI

Descrição	Grupo e classe
Área para prescrições médicas, sala de serviço e demais salas de apoio.	Grupo 0, Classe > 15
Áreas e quartos de pacientes	Grupo 2, Classe 0,5
Central de monitoração	Do mesmo tipo que as demais salas onde se encontram os pacientes.

d) Apoio ao diagnóstico e terapia*Tabela 61 –Centro cirúrgico*

Descrição	Grupo e classe
Sala de indução anestésica e salas de cirurgia (qualquer porte)	Grupo 2, Classe 15 e 0,5 para luminárias cirúrgicas e equipamentos que se queiram associar a fonte de segurança capaz de restabelecer a alimentação em no máximo 5 segundos.
Sala de recuperação pós-anestésica	Grupo 1, Classe 15 e 0,5 para equipamentos que se queiram associar a fonte de segurança capaz de restabelecer a alimentação em no máximo 5 segundos.
Demais	Grupo 1, Classe 15



Tabela 62 –Centro obtétrico cirúrgico

Descrição	Grupo e classe
Salas de pré-parto, parto normal e AMIU (aspiração manual intrauterina)	Grupo 1, Classe 15
Sala de indução anestésica	Grupo 1, Classe 15, se utilizado gás anestésico inflamável passa a ser Grupo 2
Sala de recuperação anestésica e assistência ao recém-nascido	Grupo 1, Classe 15
Sala de parto cirúrgico	Grupo 2, Classe 15 e 0,5 para luminárias cirúrgicas e equipamentos que se queiram associar a fonte de segurança capaz de restabelecer a alimentação em no máximo 5 segundos
Demais	Grupo 1, Classe 15

Tabela 63 –Patologia clínica

Descrição	Grupo e classe
Laboratórios e salas de laudos	Grupo 0, Classe > 15, a menos que alguns equipamentos necessitem de uma classe mais restritiva

Tabela 64 –Imagenologia (tomografia, ultra-sonografia, endoscopia, ressonância magnética) e métodos gráficos

Descrição	Grupo e classe
Para todas as salas de exames	Grupo 1, Classe 15
Hemodinâmica	Grupo 2, Classe 15 e 0,5 para luminárias cirúrgicas e equipamentos que se queiram associar a fonte de segurança capaz de restabelecer a alimentação em no máximo 5 segundos.
Sala de recuperação pós-anestésica e posto de enfermagem	Grupo 1, Classe 15

Tabela 65 –Medicina nuclear, radioterapia e quimioterapia

Descrição	Grupo e classe
Sala de exames	Grupo 1, Classe 15
Sala de aplicação – Quimioterapia	Grupo 0, Classe > 15

10.2 - Esquema de aterramento IT-médico

A NBR 13534 o define como um sistema de alimentação que não possui conexão direta entre partes sob tensão e aterramento, sendo as partes condutivas expostas da instalação elétrica aterradas. O esquema IT-médico utiliza um transformador de separação para fins médicos.

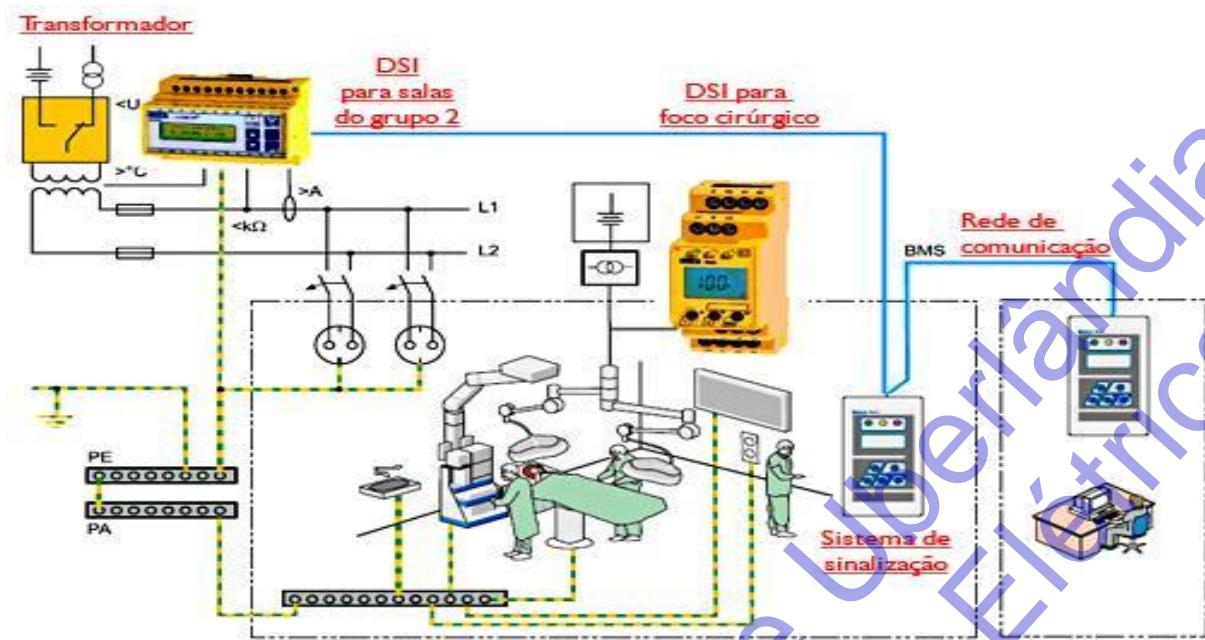


Figura 33 – Sistema IT-médico

Este esquema de aterramento é exigido em locais do Grupo 2, pelas seguintes razões:

- Aumenta a continuidade operacional. Equipamentos eletromédicos utilizados parcial ou permanentemente como suporte ou substituição de órgãos vitais do corpo continuam funcionando, em caso de primeira falha, o que é essencial já que o desligamento de algum equipamento pode levar à morte do paciente.
- Reduz as correntes de fuga através dos pacientes, protegendo-os contra choques elétricos, já que a resistência elétrica natural da pele encontra-se reduzida, o que diminui a proteção natural contra choques elétricos. Uma corrente elétrica direta no coração pode causar riscos de fibrilamento no coração, no qual a intensidade da corrente é da ordem de microampéres ($10 \mu\text{A}$);

A NBR 13534 menciona que deve haver a restrição de um sistema dedicado para cada ambiente. Esta ação evita que se conectem muitos equipamentos em um único sistema IT-médico. A instalação também deve ser equipada com um dispositivo supervisor de isolamento (DSI) e deve dispor de um sistema de alarme, que indique qualquer falha no sistema, por exemplo: sobrecarga e elevação da temperatura no transformador.



O sistema de alarme deve ter:

- Sinalização luminosa verde para indicar operação normal;
- Sinalização luminosa amarela que atue quando a resistência de isolamento atingir o valor mínimo ajustado. Não deve ser possível cancelar ou desconectar esta sinalização;
- Alarme audível que possa ser silenciado.



11 - Anexo A – Locais contendo banheira ou chuveiro

A NBR 5410 apresenta uma classificação dos ambientes contendo banheiras, piso-boxes, boxes e outros compartimentos para banho. Nesses locais o risco de choque elétrico aumenta devido à redução da resistência do corpo humano e ao contato com o potencial de terra.

11.1 - Classificação dos volumes

a) Volume 0

- O volume 0 é o volume do interior da banheira, do piso-boxe ou do rebaixo do boxe (local inundável em uso normal);

b) Volume 1

- É limitado pelo volume 0;
- Pela superfície vertical que circunscreve a banheira, o piso-boxe, o rebaixo do boxe ou, na falta de uma clara delimitação do boxe, por uma superfície vertical situada 0,6m ao redor do chuveiro ou ducha;
- Pelo piso;
- Pelo plano horizontal situado 2,25m acima do fundo da banheira, do piso do boxe ou, de modo geral, da superfície onde as pessoas possam se postar para o banho.

c) Volume 2

- É limitado pelo volume 1;
- Por uma superfície vertical paralela situada a 0,60m ao redor da superfície vertical externa do volume 1;
- Pelo piso;
- Pelo plano horizontal situado a 3m acima do piso.

d) Volume 3

- É limitado pela superfície vertical externa ao volume 2;
- Por uma superfície vertical paralela situada a 2,40m ao redor da superfície vertical externa do volume 2;

- Pelo piso;
- Pelo plano horizontal situado 2,25m do piso.

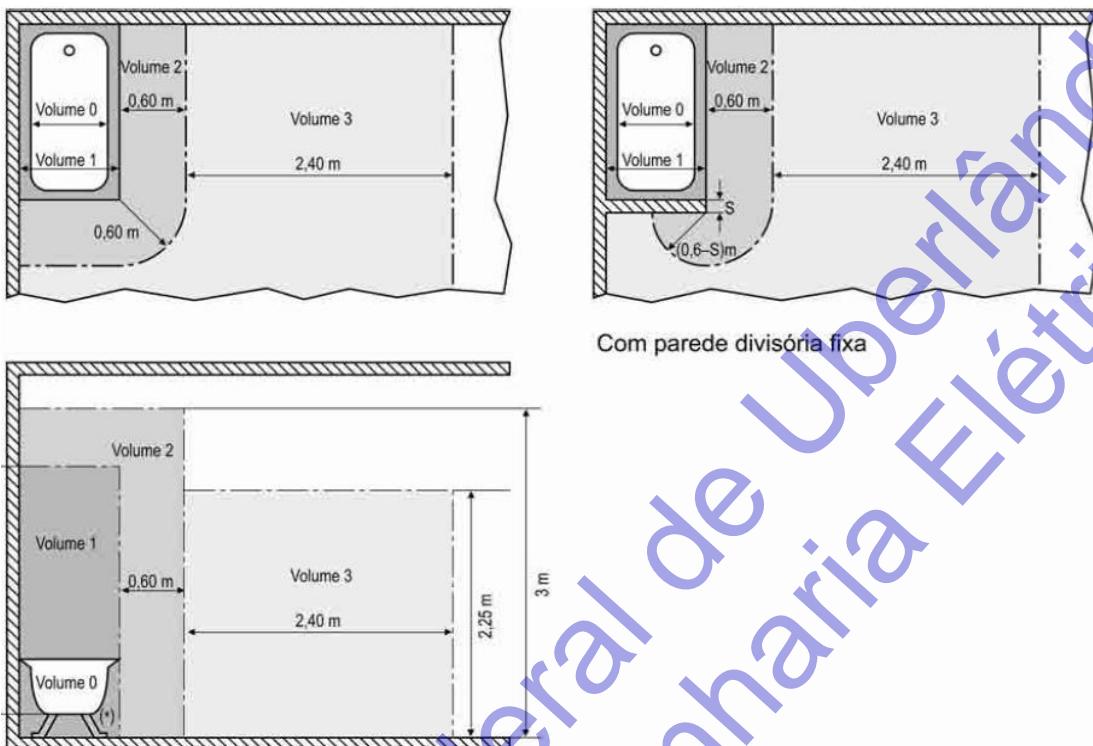


Figura 34 – Dimensão dos volumes - Banheira

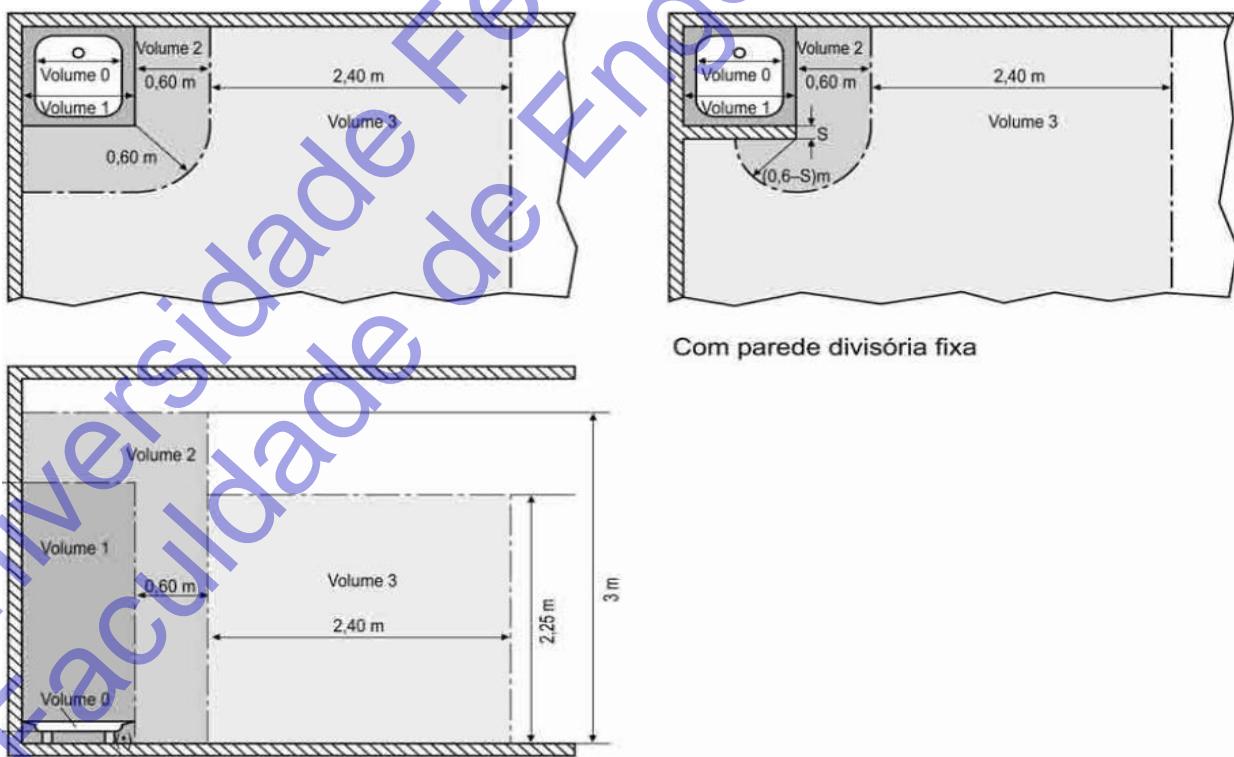


Figura 35 – Dimensão dos volumes – Chuveiro ou ducha com piso-boxe

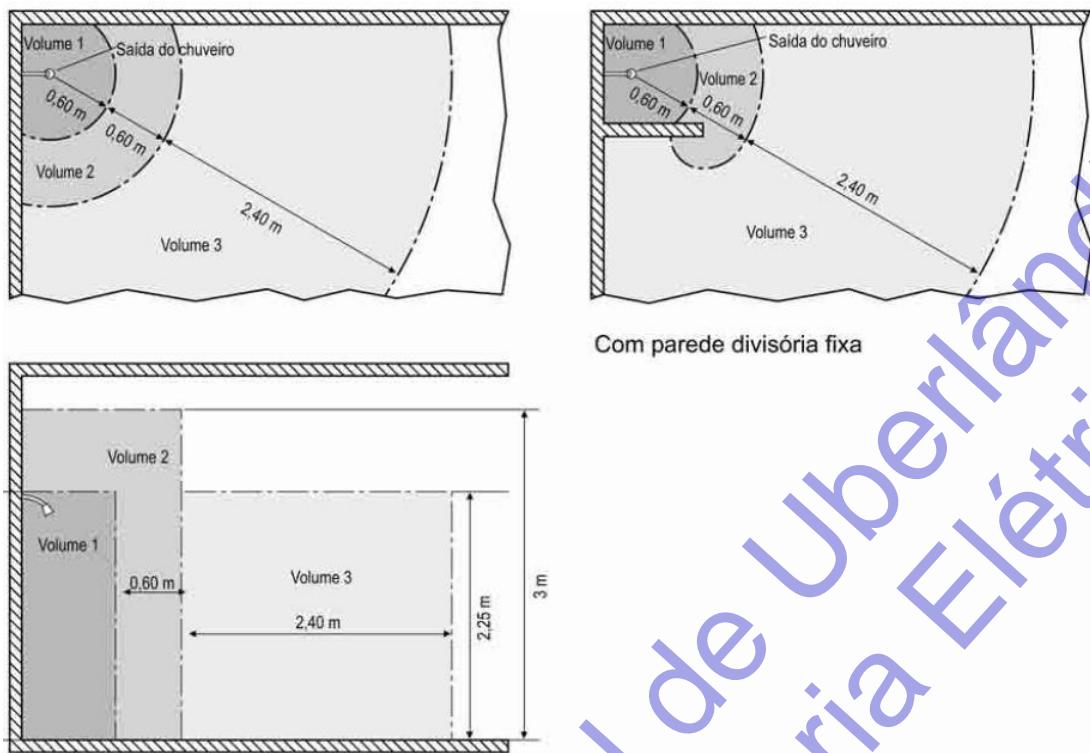


Figura 36 – Dimensão dos volumes – Chuveiro ou ducha sem piso-box com rebaixo

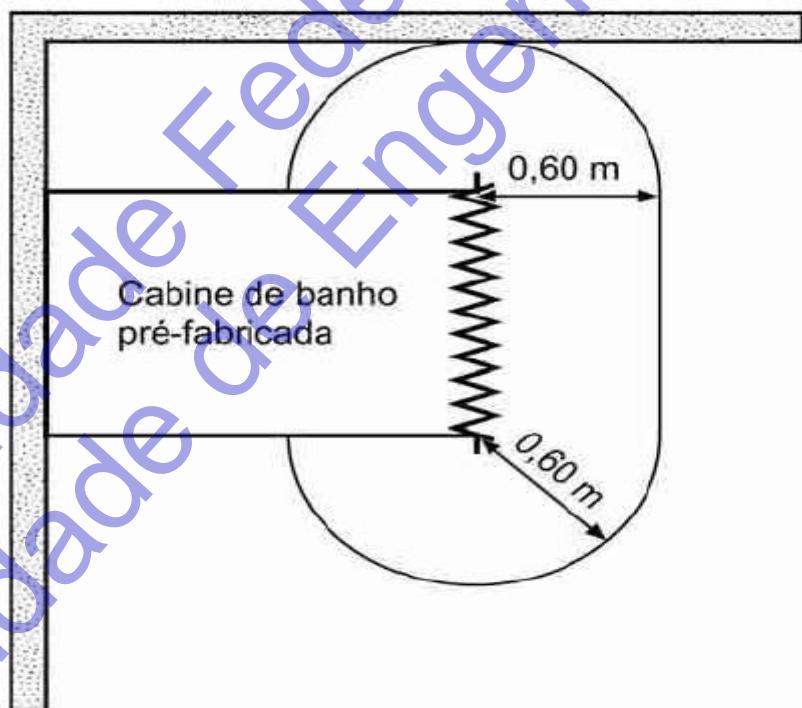


Figura 37 – Cabine de banho pré-fabricada



A norma estabelece para esses locais:

- No volume 0, admite-se apenas o uso de SELV, com tensão nominal não superior a 12V;
- Nos volumes 0, 1 e 2 as linhas elétricas devem ser limitadas às necessárias à alimentação de equipamentos situados nesses volumes;
- Nos volumes 0, 1 e 2, as linhas aparentes ou embutidas até uma profundidade de 5cm devem ser constituídas por cabos uni ou multipolares, dispostos ou não em condutos, ou constituídas de condutos fechados não-metálicos contendo condutores isolados;
- Nos volumes 0, 1 e 2, as únicas caixas de derivação admitidas são aquelas destinadas às ligações dos equipamentos contidos nestes volumes;
- Nenhum dispositivo de proteção, seccionamento ou comando pode ser instalado nos volumes 0, 1 e 2;
- Admitem-se tomadas de corrente, no volume 3, desde que sejam alimentadas em SELV ou protegidas por dispositivo DR com corrente diferencial-residual nominal não superior a 30mA;
- Nenhum interruptor ou tomada de corrente deve ser instalado a menos de 0,60m da porta aberta de uma cabine de banho pré-fabricada (Figura 37);
- No volume 0 são admitidos somente equipamentos especialmente previstos para uso em banheira;
- No volume 1 somente podem ser instalados aquecedores de água elétricos classe I ou II;
- No volume 2 somente podem ser instaladas luminárias classe II e aquecedores de água elétricos classe I ou II.



12 - Referências Bibliográficas

- [1] COTRIM, A. A. M. B. Instalações Elétricas, Revisão e atualizada conforme a NBR 5410 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2009. ISBN 978-85-7605-208-1.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2004. 209 p.
- [3] _____. **NBR 5413**: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1992. 13 p.
- [4] NEGRISOLI, Manoel E. M., Instalações Elétricas.
- [5] CEMIG. ND 5.1: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária Rede de Distribuição Aérea - Edificações Individuais. Dezembro/2009.
- [6] Revista O Setor Elétrico – Fascículos diversos
- [7] ELEKTRO/PIRELLI/PROCOBRE. Instalações Elétricas Residenciais. Parte 1 e 2. Julho de 2003.
- [8] Catálogo Mini-disjuntores GE, www.geindustrial.com.br.
- [9] Guia EM da NBR 5410 – Revista Eletricidade Moderna.
- [10] Catálogo Mini-disjuntores LEGRAND, www.legrand.com.br.
- [11] Sítio da PRYSMIAN CABLES & SYSTEMS, www.prysmian.com.br.
- [12] NBR-13534 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão - Requisitos específicos para instalação em estabelecimentos assistenciais de saúde (Norma Técnica ABNT).
- [13] RDC nº50 – Resolução da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária).