

# 1 - Elementos de um Projeto Industrial

## 1.1 Introdução

Para elaborar um projeto elétrico industrial, devemos ter conhecimento de dados relativos à:

### 1º - Condições de suprimento de energia elétrica

A concessionária local deve prestar ao interessado as informações que lhe são peculiares, tais como:

- (a) Garantia de suprimento de carga, dentro de condições satisfatórias;
- (b) Variações de tensão de suprimento;
- (c) Tipo de sistema de suprimento:

A alimentação na indústria é na grande maioria dos casos, de responsabilidade da concessionária de energia elétrica. Por isso, o sistema de alimentação quase fica sempre limitado as disponibilidades das linhas de suprimento existente na área do projeto. Quando a indústria é de certo porte e a linha de produção exige uma elevada continuidade do serviço, faz-se necessário realizar investimentos adicionais, buscando recursos alternativos de suprimento, tais como construção de um novo alimentador e/ou aquisição de geradores de emergência. As indústrias de uma maneira geral são alimentadas por um dos seguintes sistemas:

(c.1) Sistema de suprimento radial simples: É aquele em que o fluxo de potência tem um sentido único da fonte para a carga. Entretanto, apresenta baixa confiabilidade devido à falta de recursos para manobra, quando da perda do alimentador. Em compensação seu custo é mais reduzido em relação a outros sistemas.

(c.2) Sistema de suprimento com recurso: É aquele que o sentido do fluxo de potência pode variar de acordo com as condições de carga do sistema. Estes sistemas apresentam maior confiabilidade, pois a perda eventual de um dos alimentadores não deve afetar a continuidade do fornecimento exceto durante o período do fornecimento da manobra das chaves. Estes sistemas apresentam custo mais elevado devido ao emprego de equipamento mais caro e, sobretudo pelo dimensionamento dos alimentadores que

devem ter capacidade individual suficiente para suprir a carga quando da saída de um deles. Este tipo de sistema pode ser alimentado por uma ou mais fontes de suprimento da concessionária, que melhorará sobremaneira a continuidade do sistema.

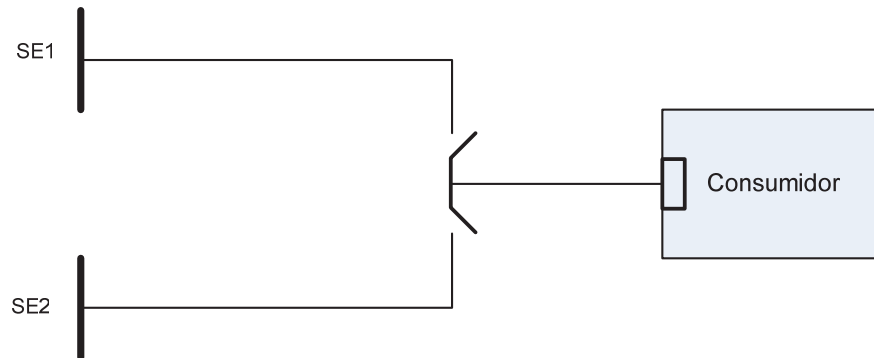


Figura 1 – Sistema de suprimento com recurso

## 2º – Planta baixa de arquitetura do prédio

Contém toda a área de construção indicando com detalhes divisionais os ambientes de produção industrial, escritório, dependências em geral e outros que compõem o conjunto arquitetônico.

## 3º – Planta baixa com disposição física das máquinas

Contém a projeção aproximada de todas as máquinas, devidamente posicionada com indicações dos motores e dos locais dos painéis de controle.

## 4º – Planta de detalhes

Devem conter todas as particularidades do projeto de arquitetura que venham a contribuir na definição do projeto elétrico, tais como:

- (i) Vistas e corte do galpão industrial
- (ii) Detalhes de colunas e vigas de concreto ou outras particularidades da construção
- (iii) Detalhes de montagem de certas máquinas de grandes dimensões.

## 5º – Planos de expansão

É importante na fase de projeto conhecer os planos expansionistas dos dirigentes da empresa e, se possível, obter detalhes do aumento efetivo da carga a ser adicionada, bem como o local de sua instalação.

Em qualquer projeto de instalação industrial devemos considerar os seguintes aspectos:

- (i) Flexibilidade – É a capacidade de admitir mudanças na localização das máquinas sem comprometer seriamente as instalações existentes;
- (ii) Acessibilidade – Exprime a facilidade de acesso a todas as máquinas e equipamento de manobras existentes;
- (iii) Confiabilidade – Representa o desempenho do sistema quanto as interrupções temporárias e permanentes, bem como assegurar a proteção e a integridade física daqueles que operam.

## 1.2 – Concepção do Projeto

Esta fase do projeto requer muita experiência profissional do projetista. Com base na sua decisão o projeto tomará forma e corpo que conduzirão ao dimensionamento dos materiais e equipamentos, filosofia de proteção, etc. De um modo geral, como orientação, pode-se seguir os passos apontados a seguir para a concepção do projeto elétrico.

### 1º – Divisão das cargas em blocos

Com base na planta baixa com os lay-out das máquinas deve-se dividir a carga em blocos. Cada bloco de carga deve possuir um terminal com alimentação e proteção individualizadas. A escolha do bloco é feita, em princípio, considerando-se os setores individuais de produção, bem como as grandezas da carga de que são constituídos para avaliação da queda de tensão.

Obs.:

- (i) Nesta fase do projeto temos que já ter definido a tensão de alimentação na baixa tensão, sendo as mais utilizadas: 220 V, 380 V, 440 V.

- (ii) Quando um determinado setor de produção está instalado em recinto fisicamente isolado de outros setores, deve-se considerar como um bloco de carga individualizado;
- (iii) Podem-se agrupar vários setores de produção num só bloco de carga, desde que a queda de tensão nos terminais das mesmas seja permissível. Isto se dá muitas vezes quando da existência de máquinas de pequena potência.

## 2º – Localização do quadro de distribuição terminal

Os quadros de distribuição terminal devem ser localizados em pontos que satisfaçam de um modo geral as seguintes condições:

- (i) No baricentro elétrico do bloco de cargas – O baricentro elétrico é calculado considerando um sistema de coordenadas cartesianas, concentradas em cada ponto, de cargas puntiformes com suas respectivas distâncias à origem.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i \times x_i}{\sum_{i=1}^N P_i}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i \times y_i}{\sum_{i=1}^N P_i}$$

$P_i \rightarrow$  Potência individual de cada motor, e  $N \rightarrow$  Quantidade de motores:

- (ii) Próximo à linha geral dos dutos de alimentação;
- (iii) Afastado da passagem sistemática de funcionários;
- (iv) Em ambientes bem iluminados;
- (v) Em locais de fácil acesso;
- (vi) Em locais não sujeitos a gases corrosivos, inundações, trepidações, etc.;
- (vii) Em locais de temperaturas adequadas.

## 3º – Localização da subestação de transformação

É comum o projetista receber as plantas já com as indicações do local da subestação. Nestes casos, a escolha é feita em função do arranjo arquitetônico da construção e muitas vezes da exigüidade da área. Pode ser também uma decisão visando a segurança da indústria, principalmente quando o seu produto é de alto risco. Observa-se portanto, que nem sempre o local escolhido para a subestação é o local mais adequado, às vezes, muita afastada do centro de carga, acarretando alimentadores longos e de seção elevada.,

#### 4º – Sistema primário de distribuição interna

Quando uma indústria possui duas ou mais subestações de transformações, alimentada de um ponto suprimento da concessionária, devido a indústria ser formada por duas ou mais unidades de produção, localizadas em galpões fisicamente separados. Em tais casos, é necessário localizar próximo a via pública a Cabine de Medição, que contém equipamentos e instrumentos de medida de energia de propriedade da concessionária.

Pode-se proceder a energização destas subestações utilizando-se um dos seguintes esquemas:

- (i) Sistema radial simples;

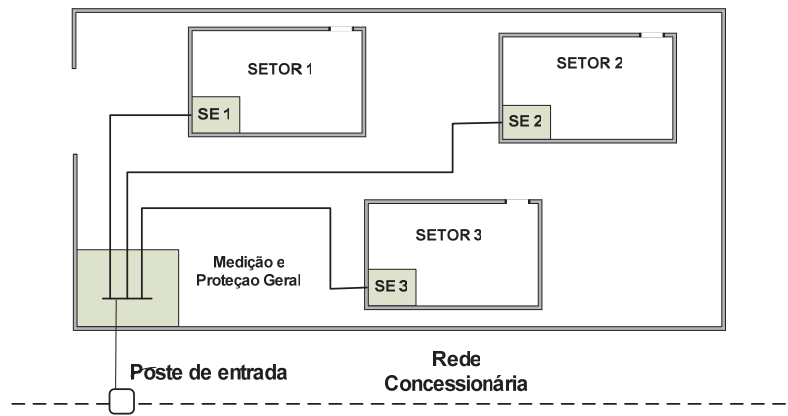


Figura 2 – Sistema radial simples

- (ii) Sistema radial com recurso – Este sistema pode ser projetado de acordo com a ilustração abaixo.

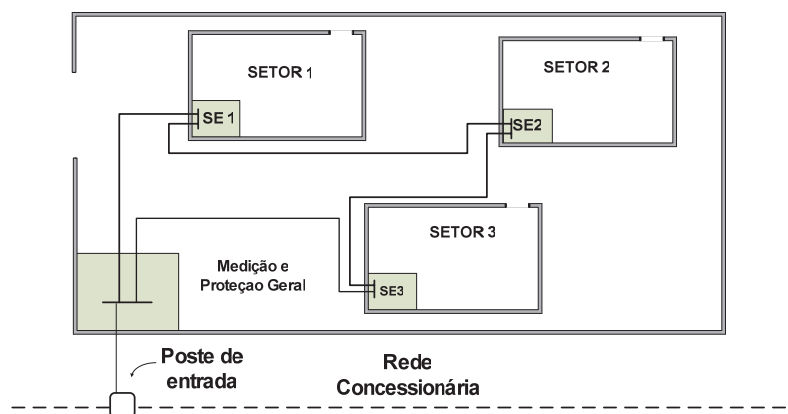


Figura 3 – Sistema radial com recurso

## 5º – Sistema secundário de distribuição

A figura abaixo mostra o traçado de um circuito terminal de motor.

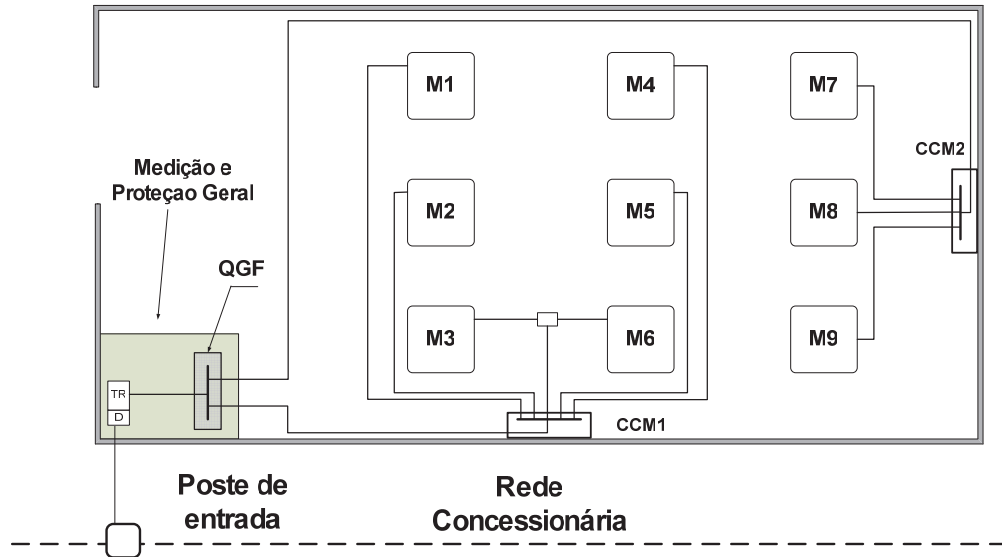


Figura 4 – Sistema secundário de distribuição. QGF (quadro geral de força) e CCM (centro de comando)

A distribuição secundária em baixa tensão numa instalação industrial pode ser dividida em:

(a) Circuitos terminais de motores

O circuito terminal de motores consiste em dois ou três condutores conduzindo corrente numa dada tensão. Os circuitos terminais de motores devem obedecer algumas regras básicas, tais como:

- Conter dispositivos de seccionamento na sua origem para fins de manutenção. O seccionamento deve desligar tanto o motor como seu dispositivo de comando. Podem ser utilizados:
  - (i) seccionadores;
  - (ii) interruptores;
  - (iii) disjuntores;
  - (iv) contactores;
  - (v) fusíveis com terminais apropriados para retirada sob tensão
  - (vi) tomada de corrente.
- Conter um dispositivo de proteção contra curto-circuito na sua origem;

- Conter um dispositivo de comando capaz de impedir uma partida automática do motor devido a queda ou falta de tensão, se a partida for capaz de provocar perigo. Nesse caso recomenda-se a utilização de contactores;
- Conter um dispositivo de acionamento do motor, de forma a reduzir a queda de tensão na partida a um valor igual a 10%, ou de conformidade com as exigências da carga;
- De preferência, cada motor deve ser alimentado por um circuito terminal individual;
- Quando um circuito terminal alimentar mais de um motor ou outras cargas, os motores devem receber proteção de sobrecarga individual. Nesse caso, a proteção contra curto-circuito deve ser feita por um dispositivo único e localizado no início do circuito terminal capaz de proteger condutores de alimentação do motor de menor corrente nominal e que não atue indevidamente sob qualquer condição de carga normal do circuito;
- Quanto a maior potência de um motor alimentado por um circuito terminal individual, mais é recomendável que as cargas de outras naturezas sejam alimentadas por outros circuitos.

(b) Circuito de distribuição

Compreende-se por circuito de distribuição, também chamados de alimentadores, os condutores que derivam do Quadro Geral de Força (QGF) e alimentam um ou mais centros de comando (CCM ou QDL). Os circuitos de distribuição devem ser protegidos no ponto de origem através de disjuntores ou fusíveis de capacidade adequada à carga e às correntes de curto-circuito. Os circuitos devem dispor, no ponto de origem, de um dispositivo de seccionamento, dimensionado para suprir a maior demanda do centro de distribuição e proporcionar condições satisfatórias de manobra.

## 2 – Condutores Elétricos

### 2.1 – Introdução

O dimensionamento de um condutor deve ser precedido de uma análise detalhada de sua instalação e da carga a ser suprida.

Um condutor mal dimensionado, além de implicar a operação inadequada da carga, representa um elevado risco de incêndio para o patrimônio, principalmente quando associado um deficiente projeto de proteção. Os fatores que envolvem o dimensionamento de um condutor são:

- (i) Tensão nominal;
- (ii) Frequência nominal;
- (iii) Potência ou corrente da carga a ser suprida;
- (iv) Fator de potência da carga;
- (v) Tipo de sistema: monofásico, bifásico ou trifásico;
- (vi) Método de instalação dos condutores;
- (vii) Tipo de carga: iluminação, motores, capacitores, etc.;
- (viii) Distância da carga ao ponto de suprimento;
- (ix) Corrente de curto-circuito.

Para que os condutores estejam adequadamente dimensionados é necessário que se projetem os elementos de proteção a eles associados de maneira que a sobrecarga e sobrecorrentes presumidas do sistema não afetem a sua isolamento.

### 2.2 – Fios e Cabos Condutores

A maioria absoluta das instalações elétricas industriais emprega o cobre como elemento condutor dos fios e cabos elétricos. O uso do condutor de alumínio nesse tipo de instalação é muito reduzido, apesar de o preço de mercado ser significativamente inferior aos correspondentes condutores de cobre. A própria norma brasileira NBR 5410 restringe a aplicação dos condutores de alumínio quando somente permite o seu uso para seções iguais ou superiores a 10 mm<sup>2</sup>.



De fato, os condutores de alumínio necessitam de cuidados maiores na manipulação e instalação, devido às suas características mecânicas. No entanto, o que torna decisiva a restrição ao seu maior uso é a dificuldade de assegurar uma boa conexão com os terminais dos aparelhos consumidores, já que a maioria destes é própria para conexão com condutores de cobre.

De maneira geral os cabos são isolados com diferentes tipos de compostos isolantes, sendo os mais empregados o PVC (cloro de polivinila), o EPR (borracha de etileno-propileno) e o XLPE (polietileno reticulado).

Os condutores são chamados de isolados quando dotados de uma camada isolante, de capa de proteção. Por outro lado, são denominados de unipolares os condutores que possuem uma camada isolante, protegida por uma capa, normalmente constituída de material PVC. Quando um cabo é constituído por condutores isolados e o conjunto é protegido por uma capa externa, é denominado de multipolar. Certos condutores, devido à sua qualidade e ao forte esquema de *marketing*, já tornaram suas marcas extremamente populares, como é o caso dos fios e cabos *pirastic* (condutor isolado em PVC) e, também, do *sintenax* (condutor unipolar com isolação em PVC), ambos de fabricação Pirelli.

As figuras abaixo mostram cabo de cobre isolado de PVC e um cabo de cobre unipolar e um tripolar.

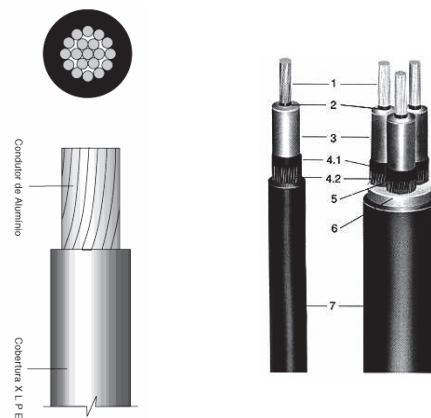


Figura 5 – Tipos de fios e cabos condutores.

A isolação dos condutores isolados é designada pelo valor da tensão nominal entre fases que suportam, padronizadas pela NBR 6148 em 750 V. Já a isolação dos condutores unipolares é designada pelos valores nominais das tensões que suportam respectivamente entre fase e terra e entre fases, padronizadas pela NBR 6251 em 0,6/1 kV para fios e cabos de baixa tensão e em 3,6/6 kV – 6/10 – 8,7/15 e 12/20 kV para cabos de média tensão.

## **3 – Sistema de Distribuição**

### **3.1 – Sistema de condutores vivos**

#### **3.1.1 - Sistema monofásico a dois condutores (F – N)**

É o sistema comumente utilizado em instalações residenciais e em prédios comerciais e residenciais com um número reduzido de unidades de consumo e de pequena carga.

#### **3.1.2 – Sistema monofásico a três condutores**

É empregado em pequenas instalações residências e comerciais, onde há carga de iluminação e motores. Seu uso é limitado.

#### **3.1.3 – Sistema trifásico a três condutores (3F)**

É o sistema secundário que pode ser conectado em triângulo ou estrela com o ponto neutro isolado.

#### **3.1.4 – Sistema trifásico a quatro condutores (3F - N)**

É o sistema secundário de distribuição mais comumente empregado nas instalações elétricas industriais. Normalmente é utilizada a configuração estrela com o ponto neutro aterrado.

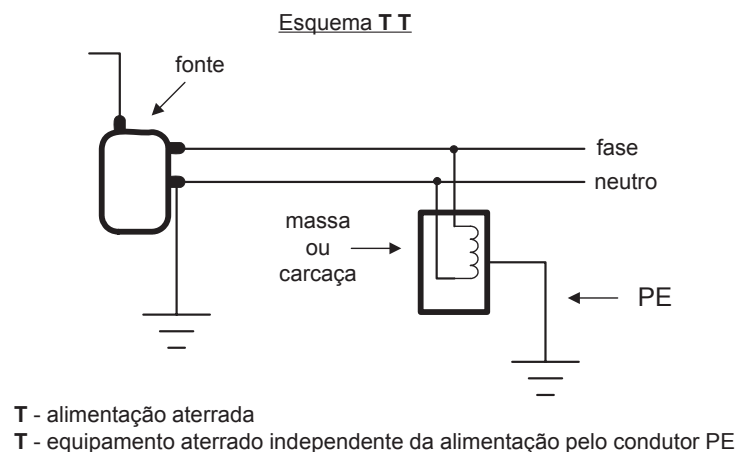
### **3.2 – Sistema de aterramento**

De acordo com a NBR 5410, as instalações de baixa tensão devem obedecer, no que concerne aos aterramentos *funcional* e de *proteção*, a três esquemas de aterramento básicos, sendo designados por uma simbologia que utiliza duas letras fundamentais:

- **1ª letra:** indica a situação da alimentação em relação à terra
  - T** – um ponto diretamente aterrado
  - I** – nenhum ponto aterrado ou aterrado através de impedância
- **2ª letra:** indica as características de aterramento das massas
  - T** – massas diretamente aterradas independente do eventual aterramento da alimentação;
  - N** – massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado, geralmente o neutro.

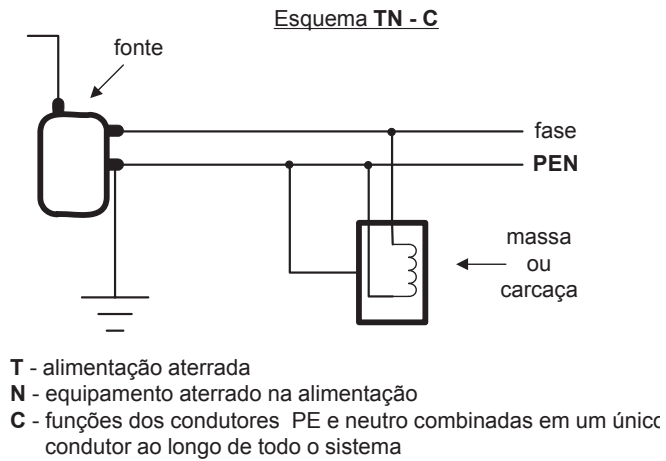
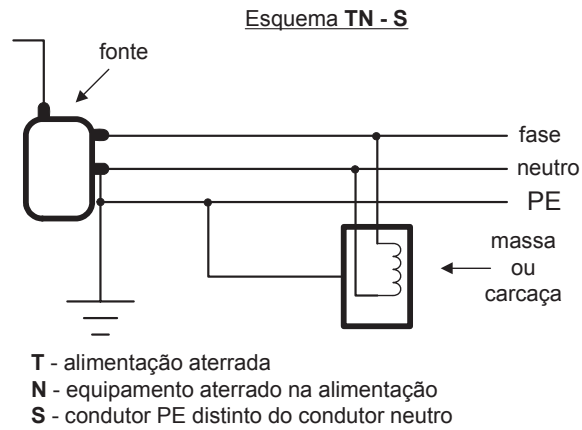
### 3.2.1 - Esquema T T

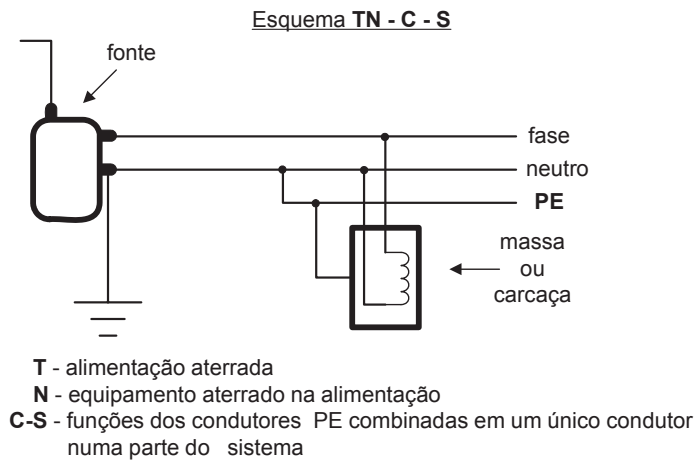
Existe um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a um eletrodo de aterramento independente do eletrodo de aterramento da alimentação. Trata-se de um esquema concebido de forma que o percurso da corrente proveniente de uma falta fase-massa inclua a terra e que a elevada impedância desse percurso limite o valor daquela corrente. Porém pode trazer perigo para as pessoas que toquem numa massa acidentalmente energizada.



### 3.2.2 - Esquema T N

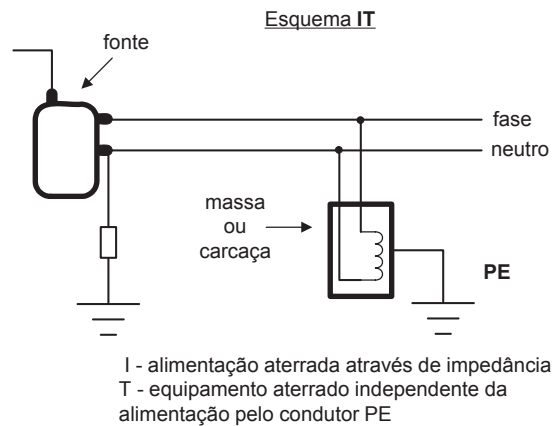
Existe um ponto de alimentação diretamente aterrado, sendo as massas da instalação ligadas a esse ponto através de condutores de proteção. O esquema é concebido de modo que o percurso de uma corrente de falha fase-massa seja constituído exclusivamente por elementos condutores e, portanto, possua baixíssima impedância.





### 3.2.3 - Esquema I T

Não existe nenhum ponto da alimentação diretamente aterrado; ela é totalmente isolada da terra ou aterrada através de uma impedância de valor elevado. As massas são ligadas à terra por meio de eletrodos de aterramento próprios. Nesse esquema, a corrente resultante de uma falta fase-massa não possuirá intensidade suficiente para trazer perigo para as pessoas que toquem na massa energizada, devido às capacitâncias da linha em relação à terra e a eventual impedância existente entre a alimentação e a terra.



## 4 - Projeto Elétrico de um Galpão Industrial

Projetar o sistema elétrico a seguir, calculando todos os dispositivos de comando, proteção e alimentadores no sistema de baixa tensão.

### (a) Planta baixa com os lay-out das máquinas

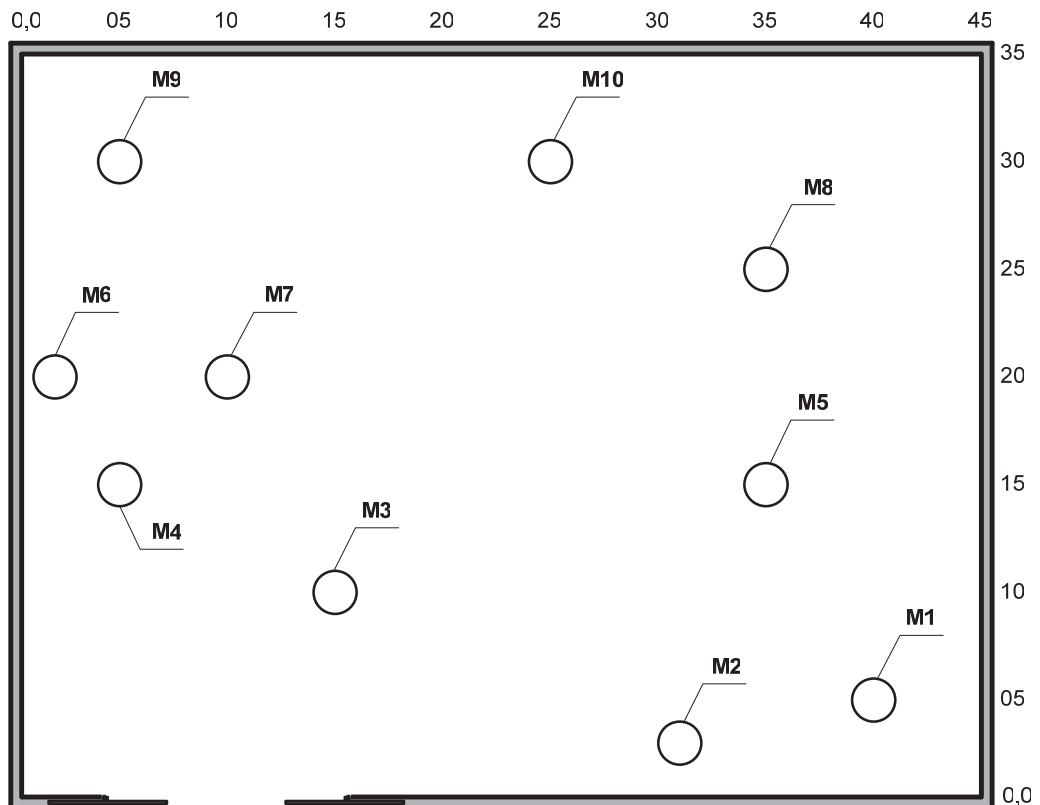


Figura 6 – Planta baixa e lay-out das máquinas

### (b) Dados do sistema a ser projetado

- (1) Pa: Potência de iluminações, tomadas simples e aparelhos de aquecimento – 30 kW;
- (2) M1: Motor de indução monofásico, 3 cv, 127/220 V;
- (3) M2: Motor de indução trifásico, 10 cv, 220/380 V;
- (4) M3: Motor de indução trifásico, 10 cv, 220/380 V;
- (5) M4: Motor de indução trifásico, 15 cv, 220/380 V;
- (6) M5: Motor de indução trifásico, 12,5 cv, 220/380 V;
- (7) M6: Motor de indução trifásico, 50 cv, 220/380 V;

- (8) M7: Motor de indução trifásico, 30 cv, 220/380 V;  
(9) M8: Motor de indução trifásico, 40 cv, 220/380 V;  
(10) M9: Motor de indução trifásico, 20 cv, 220/380 V;  
(11) M10: Motor de indução monofásico, 7,5 cv, 220/380 V.

(12) Todos os motores possuem placa de identificação

- Regime: S1
- CAT: N
- Isol CL: B
- IP: 54
- Hz: 60

(13) Temperatura ambiente média:  $T_a = 40^\circ\text{C}$

(14) Altitude: menos que 1000 m

(15) Sistema de alimentação: Concessionária local

- (a) Há disponibilidade de energia na região;
- (b) Existe um alimentador passando em frente ao sistema elétrico a ser projetado;
- (c) Tipo do alimentador – radial simples;
- (d) É um alimentador somente para consumidores industriais;
- (e) Frequência - 60 Hz;
- (f) Tensão nominal na alta tensão – 13,8 kV
- (g) Ambiente no local de instalação dos motores e quadro – Normal (pouca poeira e umidade)
- (h) Não há necessidade de sistema de emergência (grupo gerador, banco de baterias, etc.).

(16) Seqüência de funcionamento

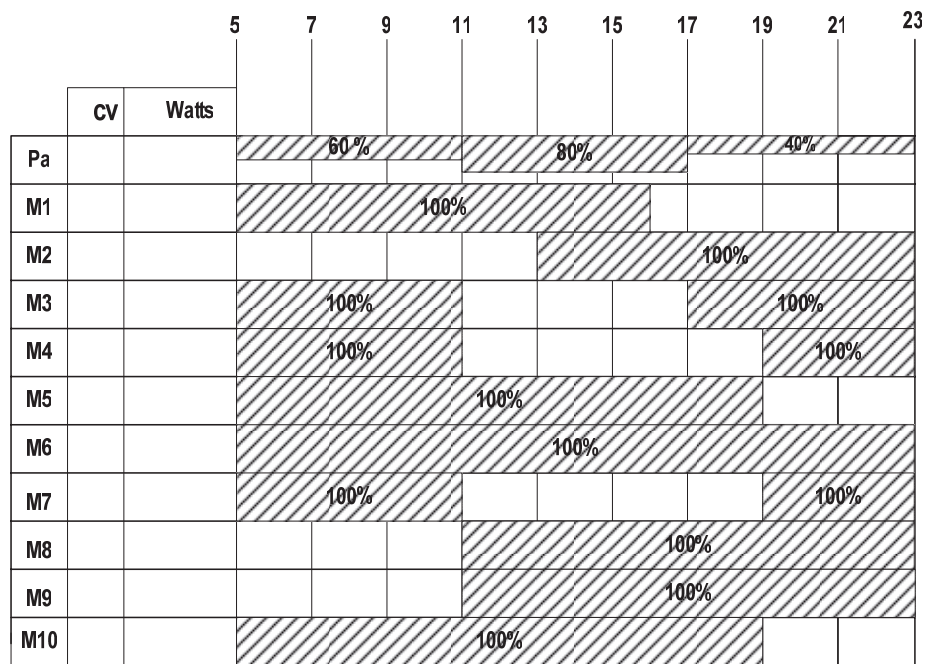


Figura 7 – Seqüência de funcionamento

## 5 – Cálculo da demanda

### 5.1 - Motores

$$D_m = \frac{P_m (cv) \times 0,736}{F_p \times \eta} \times F_u \times F_s \times N$$

$D_m$  – demanda dos motores, em kVA

$P_m$  – potência nominal, em cv

$F_u$  – fator de utilização

$F_p$  – fator de potência

$F_s$  – fator de simultaneidade

$\eta$  - rendimento

$N$  – quantidade de motores de mesma potência

#### (a) Fator de simultaneidade

É a relação entre a demanda máxima do grupo de aparelhos e a soma das demandas individuais dos aparelhos do mesmo grupo, num intervalo de tempo



considerado. O fator de simultaneidade é sempre inferior que a unidade. A Tabela 1 fornece os fatores de simultaneidade para diferentes potências de motores em agrupamento e outros aparelhos.

### (b) Fator de utilização

É o fator pelo qual deve ser multiplicada a potência nominal do aparelho para se obter a potência média absorvida pelo mesmo, nas condições de utilização. A Tabela 2 fornece os fatores de utilização dos principais equipamentos utilizados na instalações elétricas industriais.

Tabela 1 – Fatores de simultaneidade

| Aparelhos (cv)               | Número de aparelhos |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                              | 2                   | 4    | 5    | 8    | 10   | 15   | 20   | 50   |
| Motores: $\frac{3}{4}$ a 2,5 | 0,85                | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,40 |
| Motores: 3 a 14              | 0,80                | 0,80 | 0,75 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,55 | 0,45 |
| Motores; 20 a 40             | 0,80                | 0,80 | 0,80 | 0,75 | 0,65 | 0,60 | 0,60 | 0,50 |
| Acima de 40                  | 0,90                | 0,90 | 0,70 | 0,70 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,60 |
| Retificadores                | 0,90                | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| Soldadores                   | 0,45                | 0,45 | 0,45 | 0,40 | 0,40 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Fornos Resistivos            | 1,00                | 1,00 | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Fornos de indução            | 1,00                | 1,00 | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

Tabela 2 – Fatores de utilização

|                              |      |
|------------------------------|------|
| Motores: $\frac{3}{4}$ a 2,5 | 0,70 |
| Motores: 3 a 14              | 0,83 |
| Motores; 20 a 40             | 0,85 |
| Acima de 40                  | 0,87 |
| Retificadores                | 1,00 |
| Soldadores                   | 1,00 |
| Fornos Resistivos            | 1,00 |
| Fornos de indução            | 1,00 |

### (c) Rendimento

É a relação entre a potência fornecida ao eixo e a potência elétrica de entrada, ou seja, (Veja Tabela 3),

$$\eta = \frac{P_{util}}{P_{total}} = \frac{P_{mecanica}}{P_{eletrica}}$$

### (d) Fator de potência

Relação entre a potência ativa e a potência aparente do motor. Veja Tabela 3.

Tabela 3.1 - Motores Monofásicos –rendimento e fator de potência

| VALORES NOMINAIS DOS MOTORES |                           |      |        |                         |
|------------------------------|---------------------------|------|--------|-------------------------|
| POTÊNCIA                     |                           | FP   | $\eta$ | CORRENTE (A)<br>(220 V) |
| NO EIXO<br>(CV)              | ABSORVIDA<br>DA REDE (KW) |      |        |                         |
| 1/4                          | 0,39                      | 0,63 | 0,47   | 2,8                     |
| 1/3                          | 0,52                      | 0,71 | 0,47   | 3,3                     |
| 1/2                          | 0,66                      | 0,72 | 0,56   | 4,2                     |
| 3/4                          | 0,89                      | 0,72 | 0,62   | 5,6                     |
| 1,0                          | 1,10                      | 0,74 | 0,67   | 6,8                     |
| 1,5                          | 1,58                      | 0,82 | 0,70   | 8,8                     |
| 2,0                          | 2,07                      | 0,85 | 0,71   | 11                      |
| 3,0                          | 3,07                      | 0,96 | 0,72   | 15                      |
| 4,0                          | 3,98                      | 0,96 | 0,74   | 19                      |
| 5,0                          | 4,91                      | 0,94 | 0,75   | 24                      |
| 7,5                          | 7,46                      | 0,94 | 0,74   | 36                      |
| 10,0                         | 9,44                      | 0,94 | 0,78   | 46                      |
| 12,5                         | 12,10                     | 0,93 | 0,76   | 59                      |

## 5.2 – Iluminação e tomadas em geral

Primeiros 20 kW: 100%

Acima de 20 kW: 70%

Obs.: A utilização do procedimento acima é válida quando não conhecemos a seqüência de funcionamento do sistema. Neste projeto, entretanto, conhecemos a seqüência de funcionamento dos equipamentos e da iluminação da indústria, como ilustrado na Figura 7. Portanto, calcularemos a demanda de acordo com essa seqüência.

Tabela 3.2 – Motores elétricos trifásicos: rendimento e fator de potência

| Potência |        | KOHLBACH-SIEMENS |                    |          |                    |          |                    |            |                    |
|----------|--------|------------------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|------------|--------------------|
|          |        | II Polos         |                    | IV Polos |                    | VI Polos |                    | VIII Polos |                    |
| CV       | kW     | $\eta$           | $\text{Cos } \phi$ | $\eta$   | $\text{Cos } \phi$ | $\eta$   | $\text{Cos } \phi$ | $\eta$     | $\text{Cos } \phi$ |
| 1,0      | 0,75   | 80,1             | 0,81               | 82,7     | 0,68               | 80,0     | 0,63               | 70,0       | 0,60               |
| 1,5      | 1,10   | 82,5             | 0,87               | 81,5     | 0,68               | 77,0     | 0,68               | 77,0       | 0,60               |
| 2,0      | 1,50   | 84,0             | 0,84               | 84,2     | 0,76               | 83,0     | 0,65               | 82,5       | 0,61               |
| 3,0      | 2,20   | 85,1             | 0,86               | 85,1     | 0,79               | 83,0     | 0,69               | 84,0       | 0,61               |
| 4,0      | 3,00   | 85,1             | 0,92               | 86,0     | 0,79               | 85,0     | 0,71               | 84,5       | 0,62               |
| 5,0      | 3,70   | 87,6             | 0,85               | 87,5     | 0,78               | 87,5     | 0,73               | 85,5       | 0,62               |
| 6,0      | 4,50   | 88,0             | 0,90               | 88,5     | 0,81               | 87,5     | 0,75               | 85,5       | 0,62               |
| 7,5      | 5,50   | 88,8             | 0,85               | 89,5     | 0,81               | 88,0     | 0,71               | 85,5       | 0,62               |
| 10,0     | 7,50   | 89,5             | 0,85               | 90,0     | 0,83               | 88,5     | 0,74               | 88,5       | 0,66               |
| 12,5     | 9,00   | 89,5             | 0,90               | 90,0     | 0,82               | 88,5     | 0,76               | 88,5       | 0,74               |
| 15,0     | 11,00  | 90,2             | 0,88               | 91,0     | 0,82               | 90,2     | 0,77               | 88,5       | 0,74               |
| 20,0     | 15,00  | 90,2             | 0,85               | 91,0     | 0,87               | 90,2     | 0,79               | 89,5       | 0,81               |
| 25,0     | 18,50  | 91,0             | 0,88               | 92,4     | 0,89               | 91,7     | 0,82               | 89,5       | 0,76               |
| 30,0     | 22,00  | 91,0             | 0,90               | 92,4     | 0,85               | 91,7     | 0,81               | 91,0       | 0,73               |
| 50,0     | 37,00  | 91,7             | 0,92               | 93,0     | 0,88               | 93,0     | 0,78               | 91,0       | 0,75               |
| 60,0     | 45,00  | 92,4             | 0,92               | 93,0     | 0,90               | 93,0     | 0,80               | 91,7       | 0,77               |
| 75,0     | 55,00  | 93,0             | 0,94               | 93,6     | 0,89               | 93,6     | 0,86               | 91,7       | 0,78               |
| 100,0    | 75,00  | 93,0             | 0,94               | 94,1     | 0,90               | 93,6     | 0,87               | 93,0       | 0,78               |
| 125,0    | 90,00  | 93,6             | 0,94               | 94,5     | 0,90               | 94,1     | 0,87               | 93,0       | 0,80               |
| 150,0    | 110,00 | 94,5             | 0,90               | 94,5     | 0,90               | 94,1     | 0,86               | 93,6       | 0,82               |
| 175,0    | 130,00 | 94,7             | 0,90               | 95,0     | 0,86               | 95,0     | 0,85               | -          | -                  |
| 200,0    | 150,00 | 95,0             | 0,90               | 95,0     | 0,86               | 95,0     | 0,85               | -          | -                  |
| 250,0    | 185,00 | 95,4             | 0,91               | 95,0     | 0,87               | -        | -                  | -          | -                  |

### 5.3 – Determinação do horário de ponta da indústria

(a) primeiro horário de ponta: 05:00 às 11:00 hs

(b) segundo horário de ponta: 11:00 às 19:00 Hs

(c) terceiro horário de ponta: 19:00 às 23:00 Hs

(d) Triângulo das potências - Cálculo da demanda provável da indústria

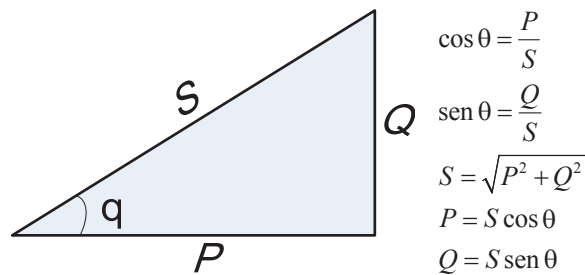


Figura 8 – Triângulo das Potências

$P$  → Potência ativa (kW)

$Q$  → Potência reativa (kVAR)

$S$  → Potência aparente (kVA)

$\theta$  → ângulo do fator de potência

Obs.:

- (a) Para iluminação e aquecimento: FP = 1
- (b) Para instalação de motores: FP = 0,92 (valor mínimo)
- (c) Cálculo da demanda levando em consideração o horário de ponta da indústria e escolha do transformador.

#### 5.4 – Dimensionamento do ramal de ligação aéreo

Tabela 4 – Dimensionamento do ramal de ligação de entrada aérea

| Demanda provável (kVA) | Cabo de alumínio nu<br>(CA ou CAA – AWG) | Cobre (mm <sup>2</sup> ) |
|------------------------|--|--------------------------|
| 2000                   | 4  | 16                       |
| 2500                   | 2  | 25                       |

#### 5.5 – Dimensionamento do ramal de entrada subterrâneo

Tabela 5 – Dimensionamento do ramal de entrada subterrâneo

| Demanda provável<br>(kVA) | Cobre (mm <sup>2</sup> ) | Eletroduto<br>(diâmetro interno mínimo) |          |
|---------------------------|--------------------------|---|----------|
|                           |                          | mm                                      | polegada |
| 2000                      | 25                       | 80                                      | 3"       |
| 2500                      | 35                       | 80                                      | 3"       |

## 5.6 – Elos Fusíveis para proteção de transformadores

Tabela 6 – Elos fusíveis para proteção de transformadores

| Potência do transformador (kVA) | 13,8kV |           |
|---------------------------------|--------|-----------|
|                                 | ELO    | CHAVE (A) |
| 15                              | 0,5H   | 100       |
| 30                              | 1H     | 100       |
| 45                              | 2H     | 100       |
| 75                              | 3H     | 100       |
| 112,5                           | 5H     | 100       |
| 150                             | 5H     | 100       |
| 225                             | 10H    | 100       |

## 6 – Critérios para dimensionamento da seção mínima do condutor fase

A seção mínima dos condutores elétricos deve satisfazer, simultaneamente, aos três critérios seguintes:

- (i) seção mínima;
- (ii) capacidade de condução de corrente;
- (iii) limite de queda de tensão;
- (iv) sobrecarga
- (v) capacidade de condução da corrente de curto-circuito por tempo ilimitado;
- (vi) contatos indiretos;

Durante a elaboração de um projeto, os condutores são inicialmente dimensionados pelos três primeiros critérios. Assim, quando o dimensionamento das proteções é baseado, entre outros parâmetros, nas intensidades das correntes de falta, é necessário confrontarmos valores destas e os respectivos tempos de duração com os valores máximos admitidos pelo isolamento dos condutores utilizados, cujos gráficos estão mostrados na Figuras 9 e 10, respectivamente para isolações de PVC 70°C e XLPE 90°C.

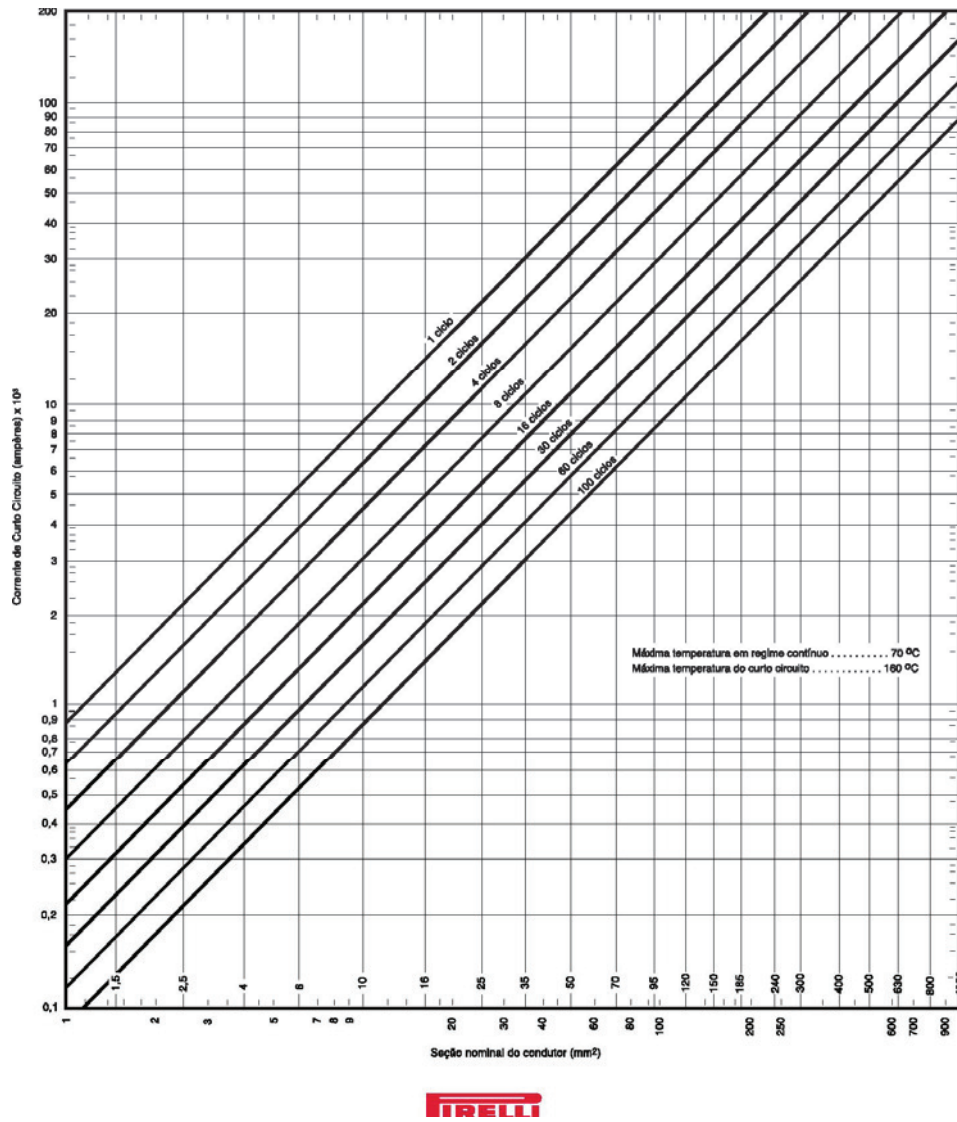


Figura 9 – Corrente máxima de curto circuito para fios e cabos isolados com PVC

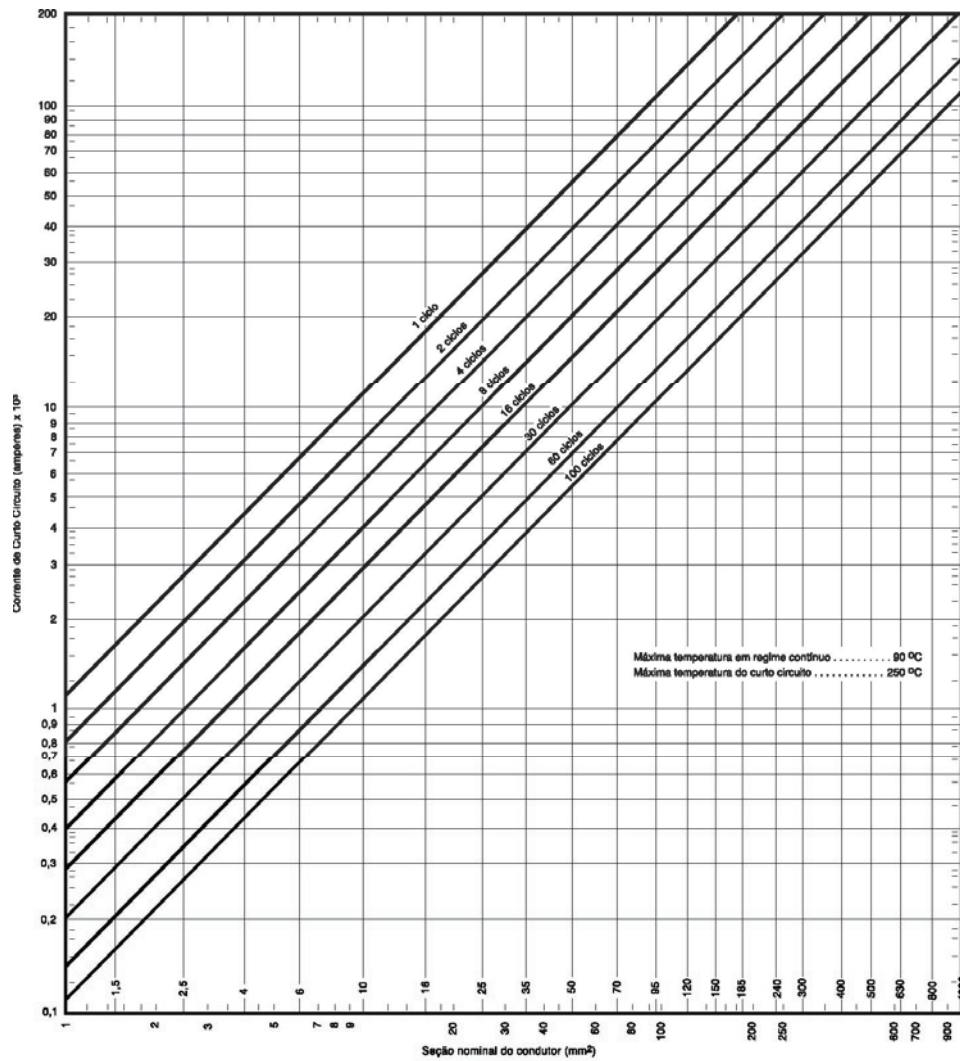


Figura 10 – Corrente máxima de curto circuito para fios e cabos isolados com XLPE

## 6.1 – Critério da capacidade de condução

### (a) Cálculo da corrente nominal

(i) circuito trifásico:  $I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$ , onde  $U$  é a tensão entre fase-fase

(ii) Circuito monofásico:  $I_n = \frac{S}{U}$ , onde  $U$  é a tensão entre fase-neutro ou fase-fase

$S$  - Potência aparente

$I_n$  - Corrente nominal

(b) Corrente admissível

$$I_{ADM} = \frac{I_n}{FCT \times FCA}$$

$FCT$  → Fator de correção de temperatura (ver Tabela 7)

$FCA$  → Fator de correção de agrupamento

$I_{ADM}$  = Corrente admissível

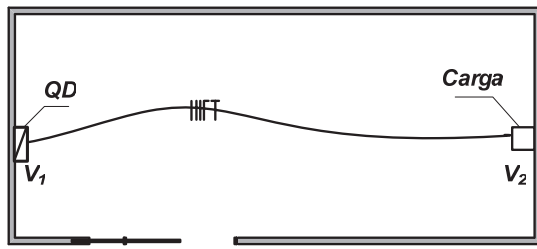
Tabela 7 – Fatores de correção de temperatura ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas.

| Temperatura (°C) | Isolação |            |      |            |
|------------------|----------|------------|------|------------|
|                  | Ambiente |            | Solo |            |
|                  | PVC      | XLPE / EPR | PVC  | XLPE / EPR |
| 10               | 1,22     | 1,15       | 1,10 | 1,07       |
| 15               | 1,17     | 1,12       | 1,05 | 1,04       |
| 25               | 1,12     | 1,08       | 0,95 | 0,96       |
| 30               | 1,06     | 1,04       | 0,89 | 0,93       |
| 35               | 0,94     | 0,96       | 0,84 | 0,89       |
| 40               | 0,87     | 0,91       | 0,77 | 0,85       |
| 45               | 0,79     | 0,87       | 0,71 | 0,80       |
| 50               | 0,71     | 0,82       | 0,63 | 0,76       |
| 55               | 0,61     | 0,76       | 0,55 | 0,71       |
| 60               | 0,50     | 0,71       | 0,45 | 0,65       |
| 65               | -        | 0,65       | -    | 0,60       |
| 70               | -        | 0,58       | -    | 0,53       |
| 75               | -        | 0,50       | -    | 0,46       |
| 80               | -        | 0,41       | -    | 0,38       |

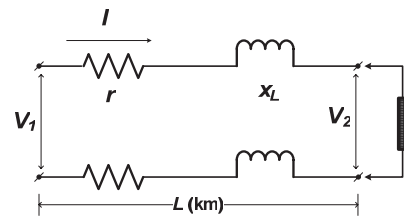
## 6.2 – Critério da queda de tensão

(a) Circuito monofásico equivalente de corrente alternada para cargas trifásicas equilibradas





(a) Diagrama esquemático



(b) Circuito elétrico monofásico equivalente

Figura 9 – (a) Diagrama unifilar do circuito; (b) circuito elétrico monofásico equivalente.

Para dimensionar as seções dos condutores pela máxima queda de tensão utilizamos o circuito elétrico equivalente e temos que levar em consideração as quedas de tensões nas resistências e reatâncias indutivas dos fios e cabos. Os diversos valores de queda de tensão, para diferentes seções transversais e nos mais diversos arranjos, encontram-se nas tabelas dos fabricantes.

Quando estes valores não são encontrados, podemos calculá-las utilizando a fórmula abaixo. Os valores da resistência e da reatância estão tabelados na Tabela 8.

(a) Para circuito monofásico:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V_{12}}{V} \times 100 = \frac{2LI(r \cos \theta + x_L \operatorname{sen} \theta)}{V} \times 100$$

(b) para circuito trifásico:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V_{12}}{V} \times 100 = \frac{\sqrt{3}LI(r \cos \theta + x_L \operatorname{sen} \theta)}{V} \times 100$$

$L$  → Comprimento do circuito (km)

$r$  → Resistência do fio por unidade comprimento ( $\Omega/\text{km}$ )

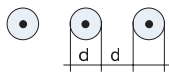


$x_L$  → Reatância indutiva do fio por unidade de comprimento ( $\Omega/\text{km}$ )

$\theta$  → Ângulo do fator de potência da carga

$I$  → Corrente monofásica equivalente

$V$  → Tensão entre fase e neutro

Tabela 8 - Dados característicos para condutores isolados com cobertura em baixa tensão 1 kV. Valores de  $r$  e  $x_L$  por unidade de comprimento para condutores de PVC -70 em três disposições mais utilizadas

| Seção nominal (mm <sup>2</sup> ) | $r$ (Ω/km) | $x_L$ (Ω/km)  |   |   | Diâmetro externo (mm) |
|----------------------------------|------------|---|---|---|-----------------------|
|                                  |            |  | Disposição trifólio  | Cabo tripolar  |                       |
| 1,5                              | 14,477     | 0,2322  | 0,1626  | 0,124   | 3,15                  |
| 2,5                              | 8,866      | 0,2206  | 0,1509  | 0,115   | 3,60                  |
| 4                                | 5,516      | 0,2171  | 0,1474  | 0,114   | 4,50                  |
| 6                                | 3,685      | 0,2081  | 0,1385  | 0,108   | 5,10                  |
| 10                               | 2,189      | 0,1945  | 0,1249  | 0,103   | 5,75                  |
| 16                               | 1,376      | 0,1839  | 0,1153  | 0,098   | 6,75                  |
| 25                               | 0,870      | 0,1837  | 0,1141  | 0,097   | 8,35                  |
| 35                               | 0,627      | 0,1783  | 0,1087  | 0,093   | 9,40                  |
| 50                               | 0,463      | 0,1756  | 0,1081  | 0,093   | 10,85                 |
| 70                               | 0,321      | 0,1727  | 0,1031  | 0,090   | 12,50                 |
| 95                               | 0,231      | 0,1713  | 0,1017  | 0,090   | 14,65                 |
| 120                              | 0,184      | 0,1695  | 0,09989   | 0,088   | 16,23                 |
| 150                              | 0,149      | 0,1695  | 0,09996   | 0,088   | 18,17                 |
| 185                              | 0,120      | 0,1690  | 0,09944   | 0,087   | 20,18                 |
| 240                              | 0,0922     | 0,1652  | 0,09562   | 0,086   | 22,82                 |
| 300                              | 0,0744     | 0,1645  | 0,09486   | 0,086   | 25,40                 |
| 400                              | 0,0593     | 0,1634  | 0,09383   | -   | 28,30                 |
| 500                              | 0,0477     | 0,1625  | 0,09289   | -   | 31,80                 |
| 630                              | 0,0338     | 0,1615  | 0,09100   | -   | 35,40                 |

## 7 – Condutos elétricos

Num sistema elétrico existem diversas maneiras de se transportar os condutores elétricos. Estas canalizações são destinadas a conter exclusivamente condutores elétricos denominamos de *conduto elétrico*.

## 7.1 – Tipos de conduto elétricos

### (a) Eletrodutos

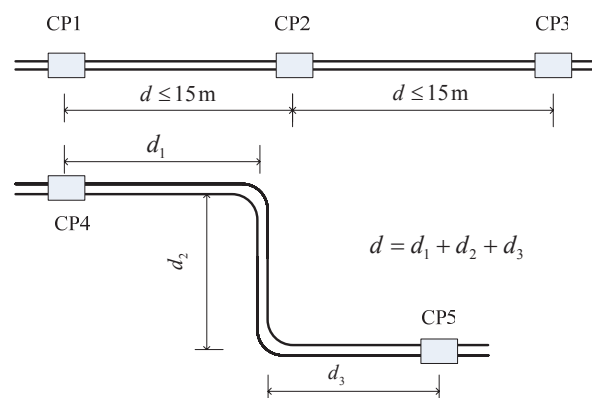
Tubos destinados à construção de condutos elétricos. Normalmente são utilizados eletrodutos de PVC ou ferro esmaltado ou galvanizado.

Os eletrodutos de ferro são geralmente utilizados em instalações aparentes ou embutidos, quando há necessidade de uma proteção mecânica.

A NBR 5410 estabelece que:

- (i) Dentro dos eletrodutos só devem ser instalados fios e cabos, não sendo permitida a utilização de condutores à prova de tempo e cordões flexíveis;
- (ii) O diâmetro externo do duto deve ser igual ou superior a 17 mm;
- (iii) Não haja trecho contínuo (sem interrupções de caixas) retilíneos de eletroduto maiores que 15 m;
- (iv) Nos trechos com curvas, este espaçamento deve ser reduzido de 3 m para cada curva de 90°.

Exemplificando:



- (v) Dimensionamento dos eletrodutos

A taxa de ocupação máxima dos eletrodutos é em média 40% da sua área útil. A ocupação máxima do eletroduto pode ser calculada conhecendo-se a área útil do eletroduto,  $A_E$ , e a área ocupada por cada condutor,  $A_{cj}$ . No caso (mais freqüente) de eletroduto circular  $A_E$  é dada por

$$A_E = \frac{\pi(d_e - 2e)^2}{4}$$

$d_e \rightarrow$  diâmetro externo do eletroduto

$e \rightarrow$  espessura do eletroduto

A área de cada condutor,  $A_{cj}$ , é dada por:

$$A_{cj} = \frac{\pi d_j^2}{4}$$

Onde  $d_j$  é o diâmetro do condutor genérico qualquer. Além disso, devemos ter:

$$\sum A_{cj} \leq kA_E$$

Onde  $k$  é um fator que segue a tabela abaixo

|                      |      |
|----------------------|------|
| 1 condutor           | 0,53 |
| 2 condutores         | 0,31 |
| 3 ou mais condutores | 0,40 |

Exemplificando: Seja um circuito composto por 2 condutores de 2,5 mm<sup>2</sup>, 2 condutores de 4 mm<sup>2</sup>, 2 condutores de 6 mm<sup>2</sup> e um condutor de proteção de 6 mm<sup>2</sup>.

| Condutor<br>(mm <sup>2</sup> ) | Área de 1 condutor + isolante<br>(mm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------|---|
| 2,5                            | 10,8  |
| 4,0                            | 13,9  |
| 6,0                            | 18,1  |

A área total ocupada pelos condutores será:

$$\sum A_{cj} = 2 \times 10,8 + 2 \times 13,9 + 3 \times 18,1 = 103,7 \text{ mm}^2$$

O diâmetro interno do eletroduto será:

$$d_i \geq \sqrt{\frac{4 \times \sum A_{cj}}{k \times \pi}}$$

Assim, temos:  $d_i \geq \sqrt{\frac{4 \times 103,7}{0,4 \times \pi}} = 18,1 \text{ mm}$ . Pela tabela IEC, nos remete a um eletroduto de tamanho nominal de 25 mm.

### (b) Canaletas

A NBR 5410 estabelece que em canaletas só devem ser utilizados cabos unipolares ou cabos multipolares. Os condutores isolados podem ser utilizados, desde que contidos em eletrodutos. Nas instalações em canaletas devem evitar a penetração de líquidos. Quando não for possível, os cabos devem ser instalados no interior de eletrodutos estanques. As canaletas, na maioria das vezes, são construídas em alvenaria. Neste caso, devem aproveitar as dimensões padronizadas do tijolo para construí-las, mesmo que isso resulte numa canaleta com seção superior ao mínimo calculado.

Os cabos instalados em canaletas devem, de preferência, ser dispostos em uma só camada. Também podem ser instalados em prateleiras dispostas em diferentes níveis. Os cabos devem ocupar, no máxima, 30% da área útil da canaleta.

Exemplificando: 21 cabos de 120 mm<sup>2</sup>, isolação XLPE. Da Tabela temos que o diâmetro externo do cabo é de 19,2 mm.

$$S_{\text{canaleta}} = \frac{N_{\text{cond}} \pi D_{\text{ext\_cond}}^2}{4} \times \frac{1}{0,3}$$

$S_{\text{canaleta}}$  → área da canaleta

$N_{\text{cond}}$  → número de condutores

$D_{\text{ext\_cond}}$  → diâmetro externo do condutor

Substituindo os valores na equação, temos:

$$S_{\text{canaleta}} = \frac{21 \times \pi \times 19,2^2}{4} \times \frac{1}{0,3} = 20267 \text{ mm}^2$$

Portanto, as dimensões da canaleta são: 200 x 105 mm, ou seja 21000 mm<sup>2</sup>.

## 8 - Motor Elétrico

É uma máquina que transforma energia elétrica em energia mecânica. Há vários tipos, mas devido a simplicidade de construção, custo e manutenção e atender

praticamente a qualquer tipo de carga, utiliza-se os motores trifásicos de indução ou assíncronos, na sua grande maioria. O motor de indução ou assíncrono opera normalmente a uma velocidade constante, variando ligeiramente com a aplicação de carga mecânica no eixo. Antes de procedermos a uma caracterização dos motores, faremos algumas considerações sobre as rotações dos mesmos. Sabe-se que o número de rotações nos motores de corrente alternada e a formação de campo girante dependem:

- (a) Da frequência,  $f$ , do sistema que fornece energia elétrica. No Brasil, a legislação pertinente estabeleceu a frequência de 60 Hz;
- (b) Do número de pólos,  $p$ , do motor. A rotação síncrona de um motor em rpm é o número de rotações com que, para cada número de pólos e da frequência, ele é suscetível de girar. Assim a rotação síncrona,  $n$ , do motor é dada por:

$$n = \frac{120f}{p}$$

onde  $f$  é a frequência do sistema e  $p$  é o número de pólos do motor.

Nos motores de indução ou assíncronos, ocorre um deslizamento ou defasagem ou escorregamento em relação à rotação síncrona, daí o seu nome, de modo que, as rotações dos motores, dadas pela fórmula acima, passam a serem menores. O escorregamento,  $s$ , é expresso por:

$$s = \frac{n_{\text{síncrona}} - n_{\text{do motor}}}{n_{\text{síncrona}}}$$

Nos motores assíncronos a corrente que circula no motor é induzida pelo movimento relativo entre os condutores do rotor e campo girante, produzido pela variação da corrente no indutor fixo. São duas as partes essenciais do motor de indução: o indutor fixo (**estator**) e o **rotor** ou induzido. O **estator** consta de um enrolamento alojado em ranhuras existente na periferia do núcleo de ferro laminado (carcaça). A passagem da corrente trifásica vinda da rede gera um campo magnético que gira com velocidade síncrona (campo girante). O **rotor** ou induzido é composto de um núcleo ou tambor de ferro laminado, dotado de ranhuras onde se alojam os fios ou barras de cobre.

A corrente no estator gera um campo girante no interior da qual se acha o rotor. Os condutores do rotor são cortados pelo fluxo magnético do campo girante

e neles são induzidas forças eletromotrizes as quais dão origem as corrente elétrica. Estas correntes, por sua vez, reagem sobre o campo girante, produzindo um conjugado motor que faz o rotor girar no mesmo sentido que o campo. É importante ressaltar que a velocidade do rotor nunca pode se tornar igual à velocidade do campo girante, isto é, a velocidade síncrona, pois, se esta fosse atingida, não se produziria correntes induzidas no rotor.

A **N**ational **E**lectrical **M**anufacturing **A**ssociation (**NEMA**) classifica os motores em classes, de A a F.

Em termos gerais deveremos conhecer as características mais importantes do *sistema de alimentação* e da *carga a ser acionada*, tais como:

- a) Característica da rede de alimentação:
  - Frequência – 60Hz
  - Tensões – 127/220/380/440 Volts
- b) Características dos motores
  - Condições usuais de serviço;
  - Condições especiais de serviço;
  - Placa de identificação;
  - Informativos técnicos do fabricante;
- c) Características da carga a ser acionada
  - Potência no eixo (CV) e altitude (m);
  - Rotação (rpm) e temperatura ambiente (°C);
  - Regime de funcionamento (contínuo, intermitente ou de curta duração)
  - Local da instalação do motor (abrigado, ao tempo, submerso, poeira, umidade, inflamáveis, entre outros fatores).
  - Na energização - situação de carga presente (presente, ausente ou parcialmente).

## 8.1 - Placa de identificação do motor

Quando um fabricante projeta um motor, ele tem que partir de certos valores adotados para:

- a) Características da rede de alimentação;
- b) Características da carga a ser acionada;
- c) Condições em que o motor vai funcionar.

O conjunto desses valores constitui as “**características nominais do motor**”. O fabricante comunica estas informações ao cliente são através de:

- a) Informações padronizadas por norma, que não precisam ser declaradas na placa de identificação, estão as condições sob as quais o motor de fabricação normal foi construído para funcionar, ou seja, as condições usuais de serviço, tais como:
  - Meio refrigerante: na maioria dos casos é o ar do meio ambiente;
  - Temperatura ambiente não superior a 40°C;
  - Localização à sombra;
  - Altitude não superior à 100m acima do nível do mar;
- b) Informativos técnicos de motores;
- c) Condições especiais de serviço: Tudo que não se enquadra nas condições usuais de serviço será considerado como condições especiais de serviço. As mais comuns são:
  - Ambiente contendo elementos prejudiciais ao motor, tais como: fumaça, umidade excessiva, poeiras condutoras, vapor d’água, ar salgado ou ambiente corrosivo;
  - Funcionamento em locais perigosos, locais contendo poeiras, gases ou vapores inflamáveis ou corrosivos;
  - Funcionamento em lugar pouco ventilado;
  - Exposições à temperatura constantemente inferior à 10°C, os mancais podem necessitar de lubrificantes especiais;
  - Exposições à temperatura superior à 40°C, os enrolamentos podem atingir temperaturas prejudiciais a **isolação**. Este fato pode ser compensado por



um projeto especial do motor, ou pela redução da potência nominal do motor, conforme a tabela abaixo:

| Temperatura Ambiente | Carga Admissível | Temperatura Ambiente | Carga admissível |
|----------------------|------------------|----------------------|------------------|
| 40°C                 | 100%             | 55°C                 | 83%              |
| 45°C                 | 95%              | 60°C                 | 67%              |
| 50°C                 | 89%              | 70°C                 | 64%              |

A seguir iremos identificar todas as informações contidas na placa de identificação do motor necessárias para a elaboração de um projeto industrial.

1. Número de Modelo - **MOD**:

É a referência do fabricante para registro das características nominais do motor e seus detalhes construtivos;

2. Potência Nominal – **CV**:

É a potência que o motor pode fornecer no eixo em regime contínuo, sem que os limites de temperatura dos enrolamentos sejam excedidos aos valores máximos permitidos por norma nas condições usuais de serviço;

3. Tensão Nominal – **V**:

É a tensão da rede para o qual o motor foi projetado. As tensões mais utilizadas são 220, 380 ou 440V;

4. Freqüência Nominal – **Hz**:

É a freqüência da rede para o qual o motor foi projetado. Por norma, o motor deve funcionar satisfatoriamente quando alimentado com tensão nominal e houver uma variação de 5% na freqüência;

5. Corrente Nominal – **A**:

É a corrente que o motor solicita da rede de alimentação, trabalhando à potência nominal sob tensão e freqüência nominais. A corrente nominal é calculada pela equação abaixo:

$$I_N = \frac{P(\text{CV}) * 736}{\sqrt{3} * U_N * \cos\phi * \eta}$$

6. Velocidade Nominal – **rpm**:

É a velocidade do motor, funcionando à potência nominal sob tensão e frequência nominais.

7. Fator de Serviço – **FS**:

É um número que pode ser multiplicado pela potência nominal do motor a fim de se obter a carga permissível que o mesmo pode acionar em regime contínuo, dentro de condições estabelecidas por norma;

8. Regime de Funcionamento - **REG**:

Indica a forma de utilização do motor no acionamento de uma carga.

- a) **regime contínuo (S1)**: Os motores em geral, são projetados para trabalhar regularmente com carga constante, por tempo indeterminado, desenvolvendo potência nominal,
- b) **regime S2**: Regime de tempo limitado
- c) **regime S3**: Regime intermitente periódico

9. Classe de Isolamento – **ISOL CL**:

Indicada por norma como a máxima temperatura que o material isolante pode suportar continuamente, sem que seja afetada sua vida útil. A vida útil de um motor está ligada diretamente ao aquecimento das bobinas do enrolamento. O aquecimento, fator principal da redução da vida útil do motor, provoca o envelhecimento gradual e generalizado do isolamento até o limite da tensão a que está submetido, quando o motor ficará sujeito a um curto-circuito interno de conseqüências desastrosas. São as seguintes as classes de isolamento empregadas em máquinas elétricas:

| Classe | Limite de Temperatura | Classe | Limite de Temperatura |
|--------|-----------------------|--------|-----------------------|
| A      | 105°C                 | F      | 155°C                 |
| E      | 120°C                 | H      | 180°C                 |
| B      | 130°C                 |        |                       |

10. Categoria – **CAT**:

Todo motor dimensionado para acionar adequadamente uma determinada carga acoplada ao seu eixo necessita durante a partida, em cada instante, o conjugado

motor superior ao conjugado resistente da carga. A Curva do conjugado motor deve guardar uma distância da curva do conjugado resistente, durante o tempo de aceleração do conjunto (motor/carga) até que o motor adquira a velocidade de regime. Este intervalo de tempo é especificado pelo fabricante, acima do qual o motor deve sofrer sobreaquecimento, podendo danificar a isolamento dos enrolamentos. Conforme as suas características de conjugado em relação a velocidade, os motores de indução trifásicos são classificados em **categorias**, definidas em norma.

#### 11. Grau de Proteção – **IP**:

Os invólucros dos equipamentos elétricos, conforme as características do local em que serão instalados e de sua acessibilidade devem oferecer um determinado grau de proteção. O grau de proteção reflete na proteção do motor quanto a entrada de corpos estranhos e penetração de água pelos orifícios destinados à entrada e saída do ar refrigerante. A norma define o grau de proteção dos equipamentos elétricos por meio das letras características **IP** seguidas por dois algarismos. O primeiro algarismo indica o grau de proteção quanto a penetração de corpos sólido e contatos acidentais enquanto que, o segundo algarismo indica o grau de proteção contra penetração de água no interior do motor.

##### Primeiro Algarismo

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 0 | Sem proteção                       |
| 1 | Corpos estranhos a partir de 50mm  |
| 2 | Corpos estranhos a partir de 12mm  |
| 3 | Corpos estranhos a partir de 2,5mm |
| 4 | Corpos estranhos a partir de 1,0mm |
| 5 | Proteção contra acúmulo de poeira  |
| 6 | Proteção penetração de poeira      |

##### Segundo Algarismo

|   |  |
|---|--|
| 0 | Sem proteção   |
| 1 | Pingos d'água na vertical                            |
| 2 | Pingos d'água até a inclinação de 15° com a vertical |
| 3 | Água de chuva até a inclinação de 60° com a vertical |
| 4 | Respingos em todas as direções                       |
| 5 | Jatos d'água em todas as direções                    |
| 6 | Imersão temporária                                   |

#### 12. Código de Partida – **COD**:

É um número que indica a relação entre a corrente de partida e a corrente nominal, ou seja,

$$\text{Constante de partida} \Rightarrow X = \frac{I_P}{I_N}$$

A letra-código é convencionada conforme os valores da relação entre a potência aparente (kVA) demandada à rede e a potência em CV, com o rotor bloqueado (locked rotor), isto é, de acordo com o valor kVA/CV. Naturalmente o motor não opera nestas condições, porém, no instante de partida, ele não está girando, de modo que esta condição pode ser considerada válida até que o rotor comece a girar. A tabela abaixo indica a letra código

| Letra-código | X               |
|--------------|-----------------|
| A            | 0,00 – 3,14     |
| B            | 3,15 – 3,54     |
| C            | 3,55 – 3,99     |
| D            | 4,00 – 4,49     |
| E            | 4,50 – 4,99     |
| F            | 5,00 – 5,59     |
| G            | 5,60 – 6,29     |
| H            | 6,30 – 7,09     |
| J            | 7,10 – 7,99     |
| K            | 8,00 – 8,99     |
| L            | 9,00 – 9,99     |
| M            | 10,00 – 11,19   |
| N            | 11,20 – 12,49   |
| P            | 12,50 – 13,99   |
| R            | 14,00 e maiores |

A corrente nominal e de partida de um motor e dadas por:

$$I_N = \frac{P_{CV} \times 736}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi \times \eta}$$

$$I_P = \frac{X \times P_{CV} \times 1000}{\sqrt{3} \times U}$$

onde  $I_N$  é a corrente nominal e  $I_P$  é a corrente de partida do motor.