

Projeto Eléctrico Industrial

PROJETO ELÉTRICO INDUSTRIAL

1 ELEMENTOS DE PROJETO

1.1 INTRODUÇÃO

A elaboração do projeto elétrico de uma instalação industrial deve ser *precedida* do conhecimento dos dados relativos às condições de suprimento e das características funcionais da indústria em geral. Normalmente, o projetista recebe do interessado um conjunto de plantas da indústria, contendo, no mínimo, os seguintes detalhes:

1.1.1 Planta da situação

Tem a finalidade de situar a obra no contexto urbano.

1.1.2 Planta baixa de arquitetura do prédio

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

1.1.3 Planta baixa com a disposição física das máquinas

Contém a projeção aproximada de todas as máquinas, devidamente posicionadas, com a indicação dos motores a alimentar e dos painéis de controle respectivos.

1.1.4 Plantas de detalhes

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

- vistas e cortes do galpão industrial;
- detalhes sobre a existência de pontes rolantes no recinto de produção;
- detalhes de colunas e vigas de concreto ou outras particularidades de construção;
- detalhes de montagem de certas máquinas de grandes dimensões.

O conhecimento desses e de outros detalhes possibilita ao projetista elaborar corretamente um excelente projeto executivo.

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

Qualquer projeto elétrico de instalação industrial *deve* considerar os seguintes aspectos:

a) **Flexibilidade**

É a capacidade de admitir mudanças na localização das máquinas e equipamentos sem comprometer seriamente as instalações existentes.

b) **Acessibilidade**

Exprime a facilidade de acesso a todas as máquinas e equipamentos de manobra.

c) **Confiabilidade**

Representa o desempenho do sistema quanto às interrupções temporárias e permanentes, bem como assegura proteção à integridade física daqueles que o operam.

1.2 NORMAS RECOMENDADAS

Todo e qualquer projeto deve ser elaborado com base em documentos normativos que, no Brasil, são de responsabilidade da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Cabe, também, seguir as normas particulares das concessionárias de serviço público ou particular que fazem o suprimento de energia elétrica da área onde se acha localizada a indústria. Estas normas, em geral, não colidem com as da ABNT, porém indicam ao projetista as condições mínimas exigidas para que se efetue o fornecimento de energia à indústria, dentro das particularidades inerentes a cada empresa.

Existem também normas estrangeiras de grande valia para consultas, como, por exemplo, a norte-americana NEC – National Electrical Code.

A adoção das normas, além de ser uma exigência técnica profissional, conduz a resultados altamente positivos no desempenho operativo das instalações, garantindo-lhes segurança e durabilidade.

1.3 DADOS PARA A ELABORAÇÃO DO PROJETO

O projetista, além das plantas anteriormente mencionadas, deve conhecer os seguintes dados:

1.3.1 Condições de fornecimento de energia elétrica

Cabe à concessionária local prestar ao interessado as informações que lhe são peculiares:

-
- garantia de suprimento da carga, dentro de condições satisfatórias;
 - variação da tensão de suprimento;
 - tensão de fornecimento;
 - tipo do sistema de suprimento: radial, radial com recurso etc;
 - capacidade de curto-circuito atual e futuro do sistema;
 - impedância reduzida no ponto de suprimento.

1.3.2 Características das cargas

Estas informações podem ser obtidas diretamente do responsável pelo projeto técnico industrial, ou por meio do manual de especificação dos equipamentos. Os dados principais são:

a) Motores

- Potência.
- Tensão.
- Corrente.
- Freqüência.
- Número de pólos.
- Número de fases.
- Ligações possíveis.
- Regime de funcionamento.

b) Fornos a arco

- Potência do forno.
- Potência de curto-circuito do forno.
- Potência do transformador do forno.
- Tensão.
- Freqüência.
- Fator de severidade.

c) Outras cargas

Aqui ficam caracterizadas cargas singulares que compõem a instalação, tais como máquinas que são acionadas por sistemas computadorizados, cuja variação de tensão permitida seja mínima e por isso requerem circuitos alimentadores exclusivos ou até transformadores próprios – aparelhos de raio

X industrial e muitas outras cargas tidas como especiais que devem merecer um estudo particularizado por parte do projetista.

1.4 CONCEPÇÃO DO PROJETO

Esta fase do projeto requer muita experiência profissional do projetista. Com base nas suas decisões, o projeto tomará forma e corpo que conduzirão ao dimensionamento dos materiais e equipamentos, filosofia de proteção e coordenação etc.

De uma forma feral, a título de orientação, podem-se seguir os passos apontados como metodologia racional para a concepção do projeto elétrico.

1.4.1 Divisão da carga em blocos

Com base na planta baixa com a disposição das máquinas, deve-se dividir a carga em blocos. Cada bloco de carga deve corresponder a um quadro de distribuição terminal com alimentação e proteção individualizadas.

A escolha dos blocos, a princípio, é feito considerando-se os setores individuais de produção, bem como a grandeza de cada carga de que são constituídos, para avaliação da queda de tensão. Como setores individuais de produção, cita-se o exemplo de uma indústria de fiação em que se pode dividir a carga em blocos correspondentes aos setores de batedores, de filatórios (diz respeito à fiação; aparelho para fiação), de cardas (ato ou efeito de cardar: cardação cardagem, cardadura; pentear os fios) etc. Quando um determinado setor ocupa uma área de grandes dimensões, pode ser dividido em dois blocos de carga, dependendo da queda de tensão a que estes ficaria submetidos afastados do centro de comando, caso somente um deles fosse adotado para suprimento de todo o setor.

Também, quando um determinado setor de produção está instalado em recinto fisicamente isolado de outros setores, deve-se toma-lo como bloco de carga individualizado.

Cabe aqui considerar que se podem agrupar vários setores de produção num só bloco de cargas, 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.

1.4.2 Localização dos quadros de distribuição terminal

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

- No centro de carga.
- Isso nem sempre é possível, pois o centro de carga muitas vezes se acha num ponto físico inconveniente do bloco da carga.
- Próximo à linha geral dos dutos de alimentação.

-
- Afastado da passagem sistemática de funcionários.
 - Em ambientes bem iluminados.
 - Em locais de fácil acesso.
 - Em locais não sujeitos à gases corrosivos, inundações, trepidações etc.
 - Em locais de temperatura adequada.

Os quadros de distribuição terminal são designados neste material didático com *Centro de Controle de Motores (CCM)*, quando nestes forem instalado componentes de comando de motores.

São denominados *Quadros de Distribuição de Luz (QDL)*, quando contêm componentes de comando de iluminação.

1.4.3 Localização do quadro de distribuição geral

Deve ser localizado, de preferência, na subestação ou em área contígua a esta. De uma maneira geral, deve ficar próximo das unidades de transformação a que está ligado.

É também denominado, neste trabalho didático, Quadro Geral de Força (QGF) o quadro de distribuição geral que contém os componentes projetados para seccionamento, proteção e medição dos circuitos de distribuição, ou, em alguns casos, de circuitos terminais.

1.4.4 Localização da subestação

É comum o projetista receber as plantas já com a indicação 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 à segurança da indústria, principalmente quando o seu produto é de alto risco. Porém, nem sempre o local escolhido é o mais tecnicamente adequado, ficando a subestação central, às vezes, muito afastada do centro de carga, acarretando alimentadores longos e de seção elevada. Estes casos são mais freqüentes quando a indústria é constituída de um único prédio e é prevista uma subestação abrigada em alvenaria.

1.4.5 Definição dos Sistemas

1.4.5.1 Sistema Primário de Suprimento

A alimentação de uma indústria é, na grande maioria dos casos, de responsabilidade da concessionária de energia elétrica. Por isso, o sistema de alimentação quase sempre fica limitado às disponibilidades das linhas de

suprimento existentes na área do projeto. Quando a indústria é de certo porte e a linha de produção exige uma elevada continuidade de serviço, faz-se necessário realizar investimentos adicionais, buscando recursos alternativos de suprimento, tais como a construção de um novo alimentador ou a aquisição de geradores de emergência.

As indústrias, de uma maneira geral, são alimentadas por um dos seguintes tipos de sistema:

a) **Sistema radial simples**

É aquele em que o fluxo de potência tem um sentido único da fonte para a carga. É o tipo mais simples de alimentação industrial e também é o mais utilizado. Apresenta, porém, baixa confiabilidade, devido à falta de recurso para manobra, quando da perda do circuito de distribuição geral ou alimentador. Em compensação, o seu custo é o mais reduzido, comparativamente aos outros sistemas, por conter somente equipamentos convencionais e de larga utilização. A **figura 1**, exemplifica este tipo de sistema.

Figura 1

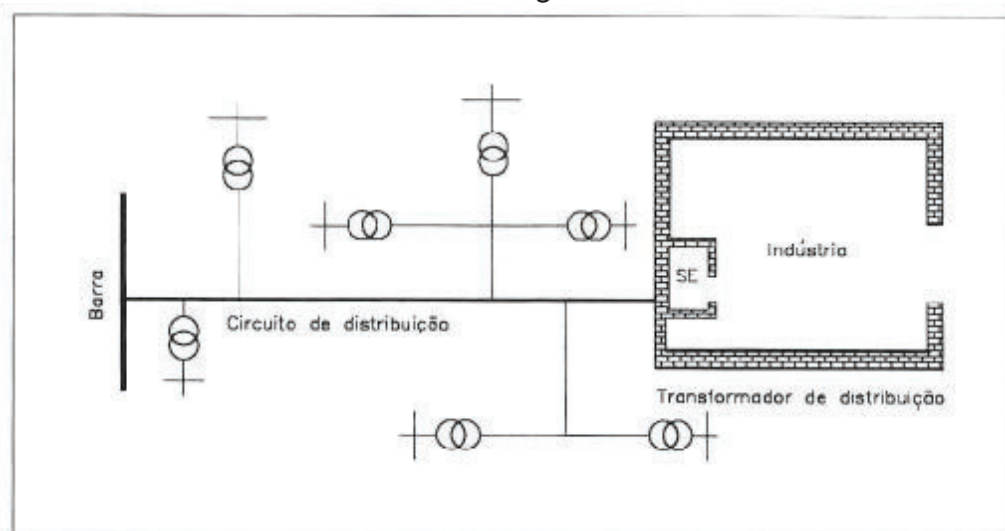


Fig. 1 – Esquema de sistema radial simples

b) **Radial com recurso**

É aquele em que o sentido do fluxo de potência pode variar de acordo com as condições de carga do sistema.

Dependendo da posição das chaves interpostas nos circuitos de distribuição, conforme **figura 2**, e do seu poder de manobra, este sistema pode ser operado como:

- Sistema radial em anel aberto;
- Sistema radial seletivo.

Esses sistemas apresentam uma maior confiabilidade, pois a perda eventual de um dos circuitos de distribuição ou alimentador não deve afeta a continuidade de fornecimento, exceto durante o período de manobra das chaves, caso estas seja manuais e o sistema opere na configuração radial.

Figura 2

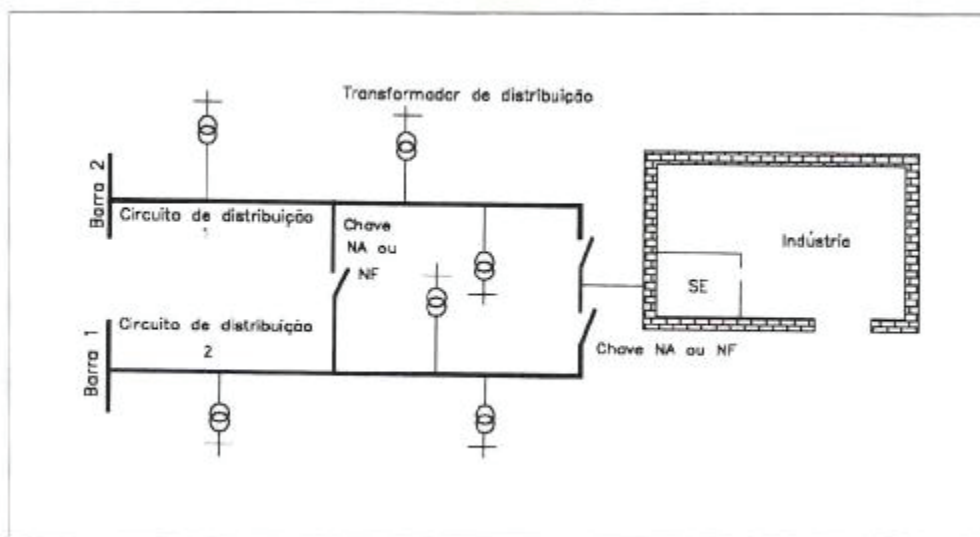


Fig. 2 – Esquema de sistema radial com recurso

Os sistemas com recurso apresentam custos elevados, devido ao emprego de equipamentos mais caros, e sobretudo pelo dimensionamento dos circuitos de distribuição que devem ter capacidade individual suficiente para suprir a carga sozinhos, quando da saída de um deles. Esses sistemas podem ser alimentados de uma ou mais fontes de suprimento da concessionária, o que, no segundo caso, melhorará a continuidade de fornecimento. Diz-se que o sistema de distribuição trabalha em primeira contingência quando a perda de um alimentador de distribuição não afeta o suprimento de energia.

Semelhantemente, num sistema que trabalha em segunda contingência, a perda de dois alimentadores de distribuição não afeta o suprimento a carga.

Conseqüentemente, quanto mais elevada é a contingência de um sistema, maior é o seu custo.

1.4.5.2 Sistema Primário de Distribuição Interna

Quando a indústria possui duas ou mais subestações, alimentadas de um ponto de suprimento da concessionária, conforme visto anteriormente, pode-se proceder à energização destas subestações utilizando-se um dos seguintes esquemas:

a) **Sistema radial simples**

Já definido anteriormente, pode ser traçado conforme a **figura 3**.

Figura 3

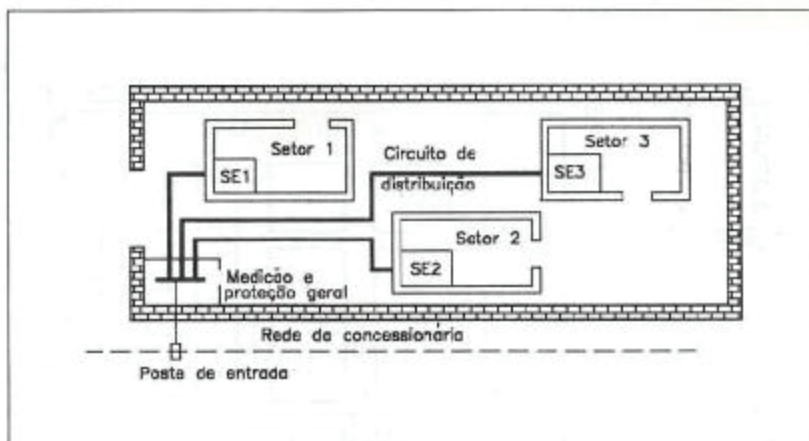


Fig. 3 – Exemplo de distribuição de sistema radial simples

b) **Sistema radial com recurso**

Como já definido, este sistema pode ser projetado de acordo com a ilustração apresentada na **figura 4**, em que os pontos de consumo setoriais possuem alternativas de suprimento através de dois circuitos de alimentação.

Figura 4

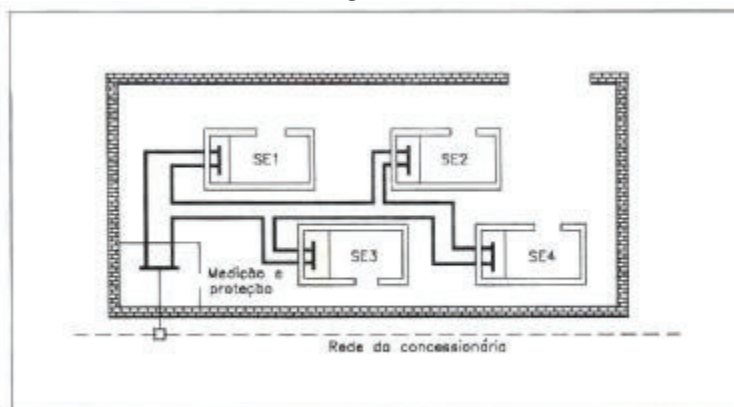


Fig. 4 – Exemplo de distribuição de sistema primário radial com recurso

Cabe observar que cada barramento das SEs é provido de chaves de desligamento automático ou manual, podendo encontrar-se nas posições **NA** (normalmente aberta) ou **NF** (normalmente fechada), conforme a melhor distribuição da carga nos dois alimentadores.

1.4.5.3 Sistema Secundário de Distribuição

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

I- Circuitos terminais de motores

Numa definição mais elementar, o circuito terminal de motores consiste em dois ou três condutores (motores monofásicos ou bifásicos e trifásicos) conduzindo corrente numa dada tensão, desde um dispositivo de proteção até o ponto de utilização. A **figura 5** mostra o traçado de um circuito terminal de motor.

Figura 5

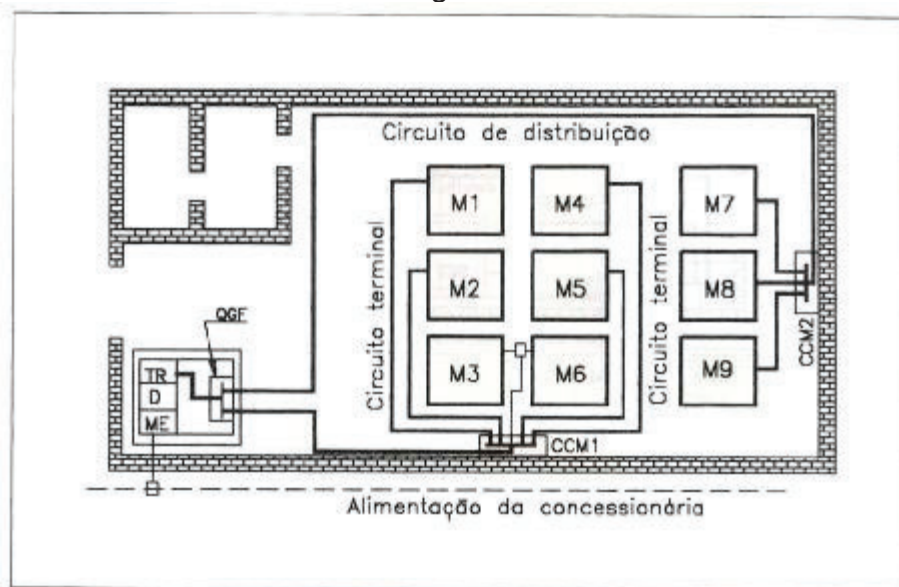


Fig. 5 – Exemplo de distribuição de sistema secundário

Os circuitos terminais de motores devem obedecer a algumas regras básicas, ou seja:

- Conter um dispositivo de seccionamento na sua origem para fins de manutenção. O seccionamento deve desligar tanto o motor como o seu dispositivo de comando. Podem ser utilizados:
 - seccionadores;
 - interruptores;
 - disjuntores;

 - contadores;
 - fusíveis com terminais apropriados para retirada sob tensão;
 - 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. Neste caso, recomenda-se a utilização de contadores.
 - Conter um dispositivo de acionamento do motor, de forma a reduzir a queda de tensão na partida a um valor igual ou inferior 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. Neste caso, a proteção contra curtos-circuitos deve ser feita por um dispositivo único localizado no início do circuito terminal capaz de proteger os condutores de alimentação do motor de menor corrente nominal e que não atue indevidamente sob qualquer condição de carga normal do circuito.
 - Quanto maior a potência de um motor alimentado por um circuito terminal individual, é recomendável que cargas de outra natureza sejam alimentadas por outros circuitos.

II- Circuitos de distribuição

Compreende-se por circuitos de distribuição, também chamados neste material didático de alimentadores, os condutores que derivam do *Quadro Geral de Força* (QGF) e alimentam um ou mais centros de comando (CCM E 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 de distribuição 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.

III- Recomendações gerais sobre projeto de circuitos terminais e de distribuição

Aqui são fornecidas algumas considerações práticas a respeito do seu projeto:

- a menor seção transversal de um condutor para circuitos terminais de motor e de tomadas é de $2,5 \text{ mm}^2$;
- a menor seção transversal de um condutor para circuitos terminais de iluminação ou de alimentação de outras cargas é de $1,5 \text{ mm}^2$;

-
- deve-se prever, se possível, uma capacidade reserva nos circuitos de distribuição que vise ao aparecimento de futuras cargas na instalação;
 - deve-se dimensionar circuitos de distribuição distintos para luz e força;
 - as cargas devem ser distribuídas o mais uniformemente possível entre as fases;

 - deve-se prever, como reserva, nos QGF e CCM, respectivamente, circuitos de distribuição e terminal em quantidade racional, em função das características particulares do projeto. Neste caso, não há condutores ligados, porém há também que se prever folga suficiente nos dutos para acomodação dos circuitos-reserva;
 - a iluminação, de preferência, deve ser dividida em vários circuitos terminais;
 - o comprimento dos circuitos parciais para iluminação deve ser limitado em 30 m. podem ser admitidos comprimentos superiores, desde que a queda de tensão seja compatível com os valores estabelecidos pela NBR 5410/03.

IV- Constituição dos circuitos terminais e de distribuição

São constituídos de:

- a) Condutores isolados, cabos unipolares e multipolares

São mais comumente instalados em:

- Eletrodutos

São utilizados eletrodutos de PVC ou de ferro galvanizado. Os primeiros são, em geral, aplicados embutidos em paredes, pisos ou tetos. Os segundos são geralmente utilizados em instalação aparentes, ou embutidos, quando se necessita de uma proteção mecânica adequada para o circuito. A utilização de eletrodutos deve seguir os seguintes critérios:

- dentro de eletrodutos só devem ser instalados cabos isolados e unipolares, não sendo permitida a utilização de condutores nus, condutores a prova de tempo e cordões flexíveis;

- o diâmetro externo do eletroduto deve ser igual ou superior a 16 mm;

- em instalações internas onde não haja trânsito de veículos pesados, os eletrodutos de PVC devem ser enterrados a uma profundidade não inferior a 0,25 m;
- em instalações externas sujeitas a tráfego de veículos leves, os eletrodutos de PVC devem ser enterrados a uma profundidade não inferior a 0,40 m. Para profundidades inferiores, é necessário envelopar o eletroduto em concreto;
- em instalações externas sujeitas a trânsito de veículos pesados, os eletrodutos de PVC devem ser enterrados a uma profundidade não inferior a 0,60 m. Costuma-se, nestes casos, utilizar eletrodutos de ferro galvanizado;
- os eletrodutos aparentes devem ser firmemente fixados a uma distância máxima de acordo com as tabelas 1 e 2.

Tab. 1 – Distância máxima entre elementos de fixação de eletrodutos rígidos metálicos aparentes

Tamanho do eletroduto em polegadas	Distância máxima entre elementos de fixação (m)
1/2 - 3/4	3,00
1	3,70
1 1/4 - 1 1/2	4,30
2 - 2 1/2	4,80
Maior ou igual a 3	6,00

Tab. 2 – Distância máxima entre elementos de fixação de eletrodutos rígidos isolantes

Diâmetro nominal do eletroduto em (mm)	Distância máxima entre elementos de fixação (m)
16 – 32	0,90
40 – 60	1,50
75 – 85	1,80

➤ Canaletas

São de larga utilização em indústria com grande número de máquinas dispostas regularmente e cujo ponto de alimentação seja relativamente próximo ao piso.

Não é conveniente a utilização de canaletas em locais em que haja a possibilidade da presença de água ou de outros líquidos no piso, como no caso de curtumes, setor de lavagem e engarrafamento de indústria de cerveja e congêneres.

Somente os cabos unipolares e multipolares podem ser instalados diretamente nas canaletas. A utilização de cabos isolados deve ser feita dentro de eletrodutos. Não se admite a instalação de condutores nus.

Devem-se tomar medidas preventivas a fim de impedir a penetração de corpos estranhos e líquidos que possam, respectivamente, dificultar a dissipação de calor dos cabos e danificar a isolação dos mesmos.

Os cabos devem, de preferência, ser dispostos em uma única camada, podendo-se, no entanto, utilizar prateleiras instaladas em diferentes níveis.

A **figura 6** mostra a seção transversal de uma canaleta cujo dimensionamento será visto em outra ocasião.

Figura 6

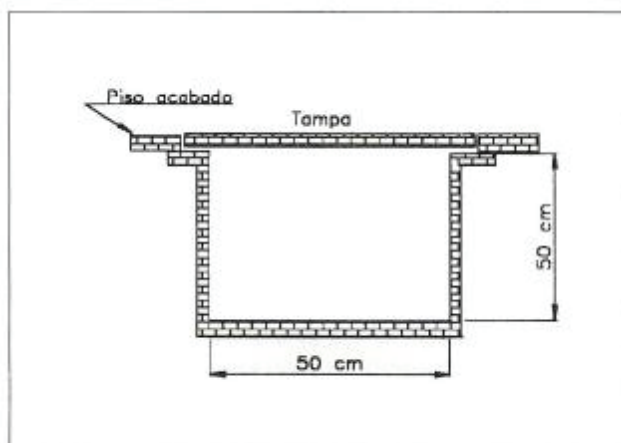


Fig. 6 – Corte transversal de canaleta construída em alvenaria

➤ Bandejas e prateleiras

É uma maneira flexível e prática de instalar os condutores. Não é recomendada a sua utilização em ambiente de atmosfera agressiva, ou em locais sujeitos à presença de gases combustíveis em suspensão. Somente devem ser instalados em bandejas e prateleiras cabos isolados com cobertura.

Nas bandejas, dos condutores devem ser dispostos preferencialmente em uma única camada. Somente devem ser instalados nas bandejas e prateleiras

cabos unipolares e multipolares. A **figura 7** mostra o aspecto construtivo de uma bandeja.

Figura 7

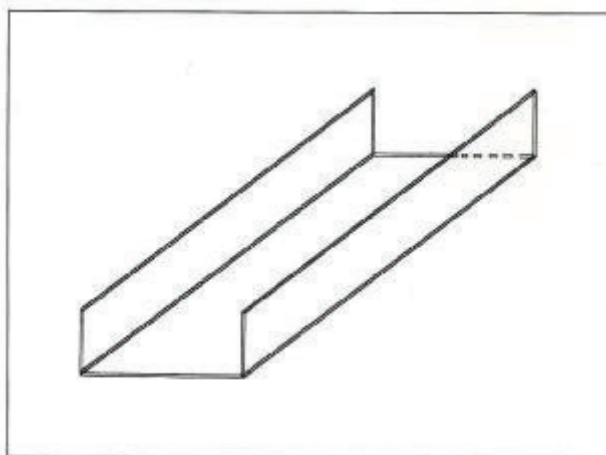


Fig. 7 – Bandeja

➤ Calha

À semelhança das bandejas e prateleiras, as calhas somente devem ser utilizadas em locais de serviços elétricos ou dentro de tetos falsos não desmontáveis.

Nas calhas podem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares. No caso de condutores isolados, somente podem ser instalados em calhas de paredes maciças, cujas tampas só devem ser removidas com ferramentas. É permitida a instalação de condutores isolados em calhas com parede perfuradas (calhas ventiladas) e/ou tampas desmontáveis sem auxílio de ferramentas, em ambientes nos quais somente devem ter acesso pessoas advertidas ou qualificadas. Não se admite a instalação de condutores nus.

A **figura 8** mostra uma calha de paredes maciças e uma outra de paredes furadas.

Figura 8

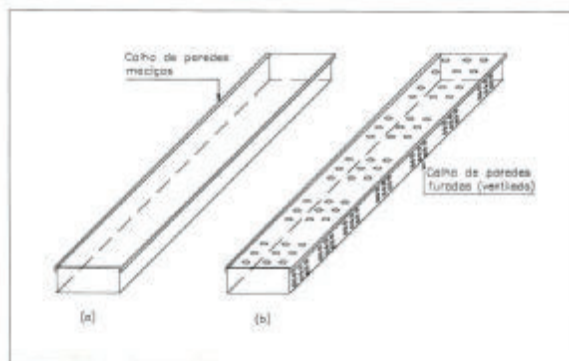


Fig. 8 – Calha, respectivamente, de paredes maciças e perfuradas

➤ Escada para cabos

Este sistema de instalação de condutores requer os mesmos princípios de utilização dispensados às calhas. A **figura 9** mostra um sistema de escada para cabos.

Figura 9

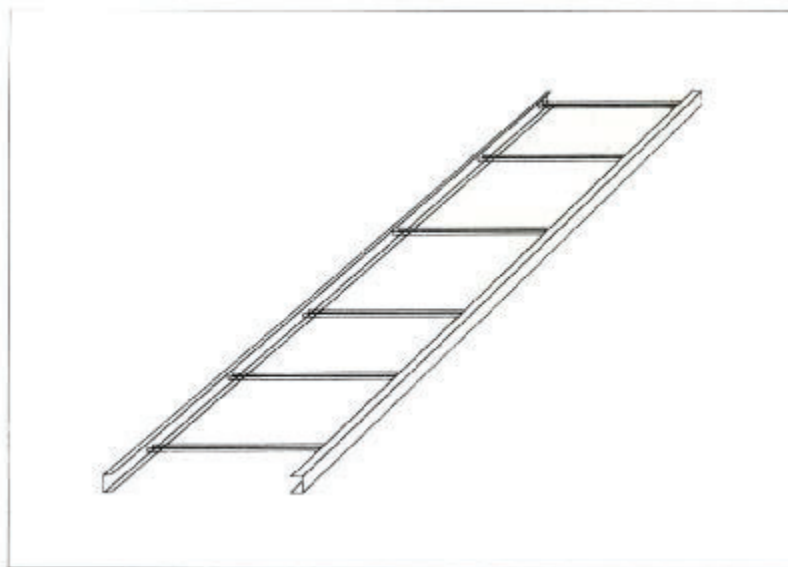


Fig. 9 – Escada para cabos

b) Dutos de barra

São fabricados em cobre em cobre ou alumínio, sendo as barras suportadas por isoladores apropriados e contidos em um invólucro, geralmente metálico ou de material isolante e rígido.

Os dutos de barra, muitas vezes chamados de *busway*, são fabricados em tamanhos padronizados e possuem vários acessórios complementares, tais como: curvas, ângulos, emendas, todos também modulares.

São muitas as variedades de construção, sendo que os condutores podem ser constituídos de barras retangulares, cilíndricas ocas ou maciças. Também, os condutores podem ser recobertos de uma fina camada de prata em toda a sua extensão ou somente nos pontos de conexão.

Os dutos de barra podem ser ventilados ou não, dependendo do local de sua utilização. Somente devem ser empregados em instalações aparentes.

Os dutos de barra têm emprego, em geral, na ligação entre o Quadro de Distribuição Geral e os Quadros de Distribuição Terminal. Os dutos de barra têm a vantagem de apresentar uma baixa impedância e, conseqüentemente, uma baixa queda de tensão.

Devido ao seu custo elevado, somente devem ser aplicados em circuitos com elevada corrente de carga, quando esta relação de custo diminui.

A **figura 10** mostra a aplicação prática de um duto de barra.

Figura 10

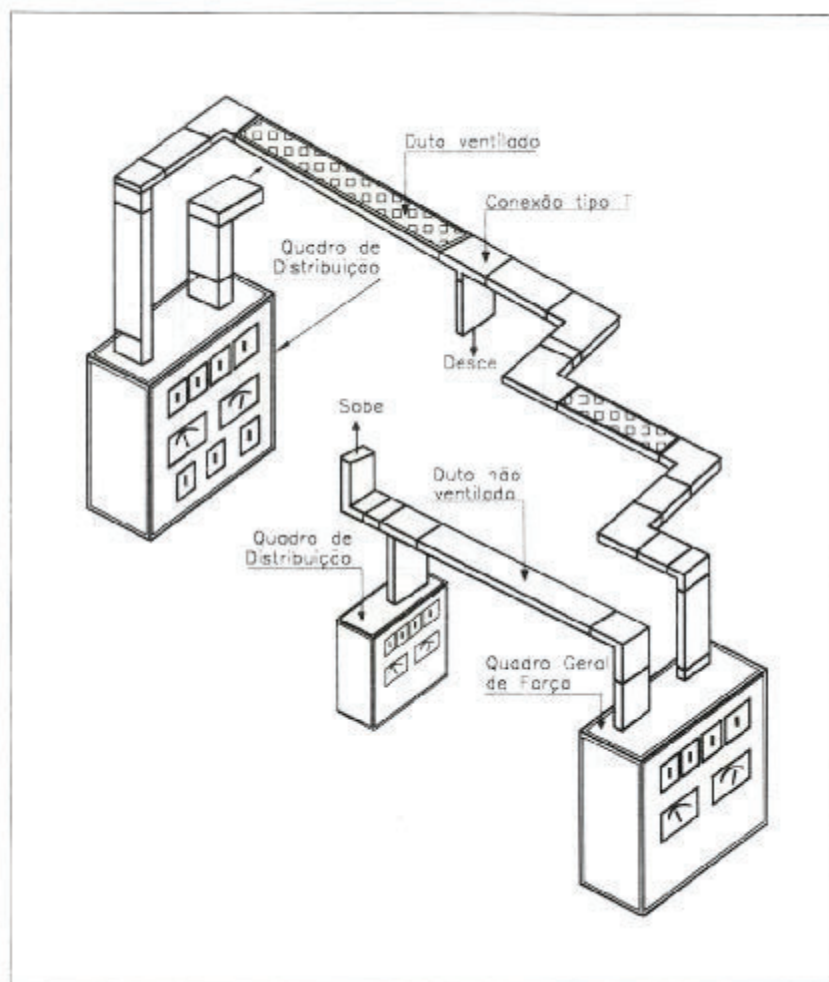


Fig. 10 – Exemplo de aplicação de dutos de barra

1.4.5.4 Considerações gerais sobre o Quadro de Distribuição

Os Quadros de Distribuição devem ser construídos de modo a satisfazer as condições do ambiente em que serão instalados, bem como apresentar um bom acabamento, rigidez mecânica e disposição apropriada nos equipamentos e instrumentos.

Os quadros de distribuição - QGF, CCM e QDL - instalados abrigados e em ambiente de atmosfera normal devem, em geral, apresentar grau de proteção **IP – 54**. Estes são vedados e não devem possuir instrumentos e botões de acionamento fixados exteriormente.

As principais características dos Quadros de Distribuição são:

- tensão nominal;
- a corrente nominal (capacidade do barramento principal);

-
- resistência mecânica aos esforços de curto-circuito para o valor de crista;
 - grau de proteção;
 - acabamento (revestido de proteção e pintura final).

As chapas dos quadros de distribuição devem ser sofrer tratamento adequado, a fim de prevenir os efeitos nefastos da corrosão. As técnicas de tratamento de chapas e aplicação de revestimentos protetores e decorativos devem ser estudadas em literatura específica.

A **figura 11** mostra com detalhes um Quadro de Distribuição.

Figura 11

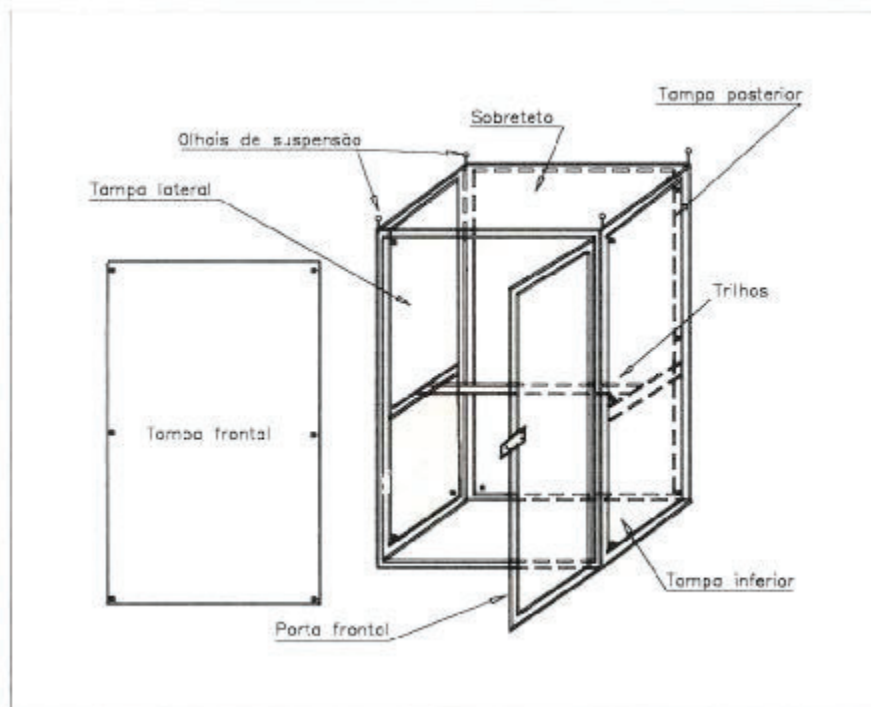


Fig. 11 – Componentes do quadro de distribuição

1.5 MEIOS AMBIENTES

Todo projeto de uma instalação elétrica deve levar em consideração as particularidades das influências externas, tais como temperatura, altitude, raios solares etc. para classificar estes ambientes, a NBR 5410/03 estabelece uma codificação específica através de uma combinação de letras e números. As tabelas organizadas, classificando as influências externas, podem ser consultadas diretamente na norma brasileira anteriormente mencionada. Sumariamente, essas influências externas podem ser assim classificadas.

1.5.1 Temperatura ambiente

Todo material elétrico, notadamente os condutores, sofrem grandes influências no seu dimensionamento em função da temperatura a que são submetidos. A temperatura ambiente a ser considerada para um determinado componente é a temperatura no local onde ele deve ser instalado, resultante da influência de todos os demais componentes situados no mesmo local e em funcionamento, sem levar em consideração a contribuição térmica do componente considerado.

A seguir serão indicados os códigos, a classificação e as características dos meios ambientes:

AA1	frigorífico	- 60 °C a + 5 °C
AA2	muito frio	- 40 °C a + 5 °C
AA3	frio	- 25 °C a + 5 °C
AA4	temperado	- 5 °C a + 40 °C
AA5	quente:	+ 5 °C a + 40 °C
AA6	muito quente	+ 5 °C a + 60 °C

1.5.2 Altitude

Devido à rarefação do ar,. Em altitudes superiores a 1.000 m, alguns componentes elétricos, tais como motores e transformadores, merecem considerações especiais no seu dimensionamento. A classificação da NBR 5410/03 é:

- AC1: baixa: ≤ 2.000 m
- AC2: alta: ≥ 2.000 m

1.5.3 Presença de água

A presença de umidade e água é fator preocupante na seleção de equipamentos elétricos. A classificação é:

- AD1: desprezível
- AD2: quedas de gotas de água
- AD3: aspersão de água
- AD4: projeções de água
- AD5: jatos de água
- AD6: ondas
- AD7: imersão
- AD8: submersão

1.5.4 Presença de corpos sólidos

A poeira ambiente prejudica a isolação dos equipamentos, principalmente quando associada à umidade. Também, a segurança das pessoas quanto à possibilidade de contato acidental implica o estabelecimento da seguinte classificação:

- AE1: desprezível
- AE2: objetos pequenos
- AE3: objetos muito pequenos
- AE4: poeira

1.5.5 Presença de substâncias corrosivas ou poluentes

Estas substâncias são altamente prejudiciais aos materiais elétricos em geral, notadamente às isolações. A classificação desses ambientes é:

- AF1: desprezível
- AF2: agentes corrosivos de origem atmosférica
- AF3: ações intermitentes ou acidentais de produtos químicos corrosivos ou poluentes
- AF4: ação permanente de agentes químicos corrosivos ou poluentes em quantidade significativa.

1.5.6 Vibrações

As vibrações são prejudiciais ao funcionamento dos equipamentos, notadamente às conexões elétricas correspondentes, cuja classificação é:

- AH1: fracas: desprezíveis
- AH2: médias: vibrações com frequência entre 10 a 50 Hz e amplitude igual ou inferior a 0,15 mm
- AH3: significativas: vibrações com frequência entre 10 a 150 Hz e amplitude igual ou inferior a 0,35 mm.

1.5.7 Radiações solares

A radiação, principalmente a ultravioleta, altera a estrutura de alguns materiais, sendo as isolações, à base de compostos plásticos, as mais prejudicadas. A classificação é:

- AN1: desprezível
- AN2: significativas

1.5.8 Raios

Os raios podem causar sérios danos aos equipamentos elétricos, tanto pela sobretensão, quanto pela incidência direta sobre os referidos equipamentos. Quanto à classificação, tem-se:

- AQ1: desprezível
- AQ2: indiretos : sobretensões na rede de alimentação
- AQ3: diretos: incidências sobre os equipamentos

1.5.9 Resistência elétrica do corpo humano

As pessoas estão sujeitas ao contato acidental na parte viva das instalações, cuja seriedade da lesão está diretamente ligada às condições de umidade ou presença de água no corpo. A classificação neste caso é:

- BB1; elevada: condição de pele seca
- BB2: normal: condição de pele úmida (suor)
- BB3: fraca: condição de pés molhados
- BB4: muito fraca: condição do corpo imerso, tais como piscinas e banheiros

1.5.10 Contato das pessoas com potencial de terra

As pessoas quando permanecem num local onde há presença de partes elétricas energizadas estão sujeitas a riscos de contato com as partes vivas desta instalação, cujos ambientes são assim classificados:

- BC1: nulos: pessoas em locais não condutores
- BC2: fracos: pessoas que não correm riscos de contato em locais condutores
- BC3: freqüentes: pessoas em contato com elementos condutores, com freqüência
- BC4: contínuos: pessoas em contato com elementos condutores continuamente

A norma estabelece a classificação de outros tipos de ambientes que a seguir serão apenas citados:

- presença de flora e mofo;
- choques mecânicos;
- presença de fauna;
- influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes;
- competência das pessoas;
- condições de fuga das pessoas em emergência;
- natureza das matérias processadas ou armazenadas;

-
- materiais de construção;
 - estrutura de prédios.

Os projetistas devem considerar no desenvolvimento de sua planta todas as características referentes aos meios ambientes, tomando as providências necessárias a fim de tornar o projeto perfeitamente correto quanto à segurança do patrimônio e das pessoas qualificadas ou não para o serviço de eletricidade.

1.6 GRAUS DE PROTEÇÃO

Refletem a proteção de invólucros metálicos quanto à entrada de corpos estranhos e penetração de água pelos orifícios destinados à ventilação ou instalação de instrumentos, pelas junções de chapas, portas etc.

As normas especificam os graus de proteção através de um código composto pelas letras **IP**, seguidas de dois números que significam:

a) Primeiro algarismo

Indica o grau de proteção quanto à penetração de corpos sólidos e contatos acidentais, ou seja:

- 0 - sem proteção
- 1 - corpos estranhos com dimensões acima de 50 mm
- 2 - corpos estranhos com dimensões acima de 12 mm
- 3 - corpos estranhos com dimensões acima de 2,5 mm
- 4 - corpos estranhos com dimensões acima de 1,0mm
- 5 - proteção contra acúmulo de poeira prejudicial ao equipamento
- 6 - proteção contra penetração de poeira

b) Segundo algarismo

Indica o grau de proteção contra a penetração de água internamente ao invólucro, ou seja:

- 0 - sem proteção
- 1 - pingos de água na vertical
- 2 - pingos de 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 de água em todas as direções
- 6 - imersão temporária
- 7 - imersão
- 8 - submersão

1.7 PROTEÇÃO CONTRA RISCO INCÊNDIO E EXPLOSÃO

As indústrias, em geral, estão permanentemente sujeitas a riscos de incêndio e, dependendo do produto que fabricam, são bastante vulneráveis a explosões a que normalmente se segue um incêndio. Para prevenir contra essas ocorrências existem normas nacionais e internacionais que disciplinam os procedimentos de segurança que procuram eliminar esses acidentes. Julga-se oportuno citar os diversos itens a seguir discriminados constantes da norma NR-10 do MTE (Ministério do Trabalho e Emprego):

a) Todas as partes das instalações elétricas devem ser projetadas, executadas e conservadas de forma a prevenir os riscos de incêndios e explosões, atendendo especificamente ao estabelecido na NBR 9883.

b) As instalações elétricas sujeitas a maior risco de incêndio e explosão devem ser projetadas e executadas com dispositivos automáticos de proteção contra sobrecorrente e sobretensão, de detecção, alarme e extinção de incêndios.

c) Os ambientes das instalações elétricas que apresentem risco de incêndio devem ter proteção contra incêndio e sinalização de segurança, de acordo com as prescrições estabelecidas pelas NBR 5410 e NBR 5414, aplicando-se também, onde couber, o disposto na NR-23.

d) Os extintores de incêndio, nas instalações elétricas, devem ser do tipo dióxido de carbono, pó químico seco, ou outro elemento não condutor de eletricidade, nas capacidades estabelecidas pela NR-23, sendo a extinção de incêndios com sistemas fixos de água nebulizada restritos a equipamentos (transformadores, disjuntores, capacitores) a grande volume de óleo, de acordo com NBR 8674.

e) Os extintores de incêndio devem ser instalados no ambiente das instalações elétricas, em locais sinalizados, protegidos das intempéries.

f) Ambientes de salas e recintos sujeitos à presença de gases inflamáveis e/ou explosivos devem apresentar as seguintes condições mínimas de segurança:

- ser equipados com portas do tipo corta-fogo;
- possuir o sistema elétrico do tipo à prova de explosão;
- possuir sinalização que informe o risco existente e os procedimentos para atendimento a casos de emergência.

g) As partes das instalações elétricas sujeitas à acumulação de eletricidade estática devem ser aterradas, seguindo-se as prescrições estabelecidas pela NBR 5410/03.

h) Os mancais e os eixos de transmissão com polias metálicas devem ser aterrados, as correias devem ser providas de pentes coletores ligados à terra e

dispostos de modo que os dentes, dirigidos para a correia, estejam em leve contato no ponto em que ela deixa a polia.

i) As partes metálicas das instalações destinadas a misturar, distribuir e armazenar líquidos inflamáveis ou secos pulverulentos e não condutores devem ser ligadas eletricamente entre si e à terra em pontos suficientes para garantir a descarga contínua de toda eletricidade estática que nelas se acumule.

j) Em locais onde são transvasados líquidos inflamáveis, o recipiente que se enche e o que se esvazia devem estar ligados entre si e à terra.

k) Nos locais com riscos de incêndio ou explosão, em instalações elétricas e durante os serviços de reparação, deve haver sinalização com placas de aviso que chamem a atenção para os riscos com eletricidade estática.

1.8 CÁLCULOS ELÉTRICOS

O cálculo elétrico permitirá ao projetista determinar o valor da capacidade dos diversos componentes do sistema, a fim de que sejam especificados e quantificados.

1.8.1 Considerações sobre curvas de carga

1.8.1.1 Demanda

A demanda em uma instalação é importante porque, por ela, pode-se dimensionar economicamente condutores, geradores, transformadores e outros componentes.

A partir da curva de carga de uma instalação, é que se define a demanda, conforme **figura 12**:

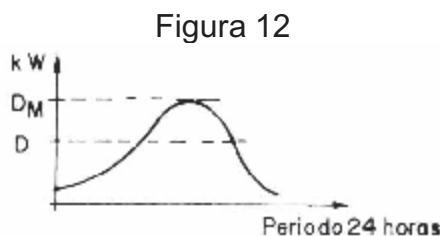


Fig. 12 – Curva de carga de uma instalação

A demanda de uma instalação é medida em intervalos de 15 minutos pelo próprio medidor de energia kWh, instalado pela concessionária. Geralmente, existe um sistema interno no medidor que efetua a integração da curva de carga e registra a máxima demanda no mês.

A área sob a curva de carga traçada entre os eixos da demanda e do período é a energia consumida pela instalação no período. A ordenada máxima seria a demanda máxima D_M .

Define-se também a *demanda média*. Esta seria a altura do retângulo cuja base é o período T e a área é a energia total. Logo:

$$D_m = \frac{E}{T}$$

Além das definições acima, pode-se considerar na curva de carga, a potência *instalada* e a potência *disponível*. A Potência instalada seria a *soma* de todas as cargas existentes e a disponível seria a *máxima* potência que a instalação poderia fornecer permanentemente.

Apesar de a determinação correta dos pontos da curva de carga de uma planta industrial somente se possível durante o seu funcionamento em regime, deve-se, através de informação do ciclo de operação dos diferentes setores de produção, idealizar, aproximadamente, a conformação da curva de demanda da carga em relação ao tempo, a fim de determinar uma série de fatores que poderão influenciar no dimensionamento dos vários componentes elétricos da instalação. As curvas de carga das plantas industriais variam em função da coordenação das atividades dos diferentes setores de produção, bem como em relação ao período de funcionamento diário. No primeiro caso, é de interesse da gerência administrativa manter controlado o valor da demanda de pico, a fim de diminuir o custo operacional da empresa. Isto é conseguido através de um estudo global das atividades de produção, deslocando-se a operação de certas máquinas para horários diferentes, diversificando-se, assim, as demandas das mesmas. O segundo caso, em geral, é fixado já durante a concepção do projeto econômico.

A **figura 13** representa, genericamente, uma curva de carga para uma instalação industrial em regime de funcionamento de 24 horas.

Figura 13

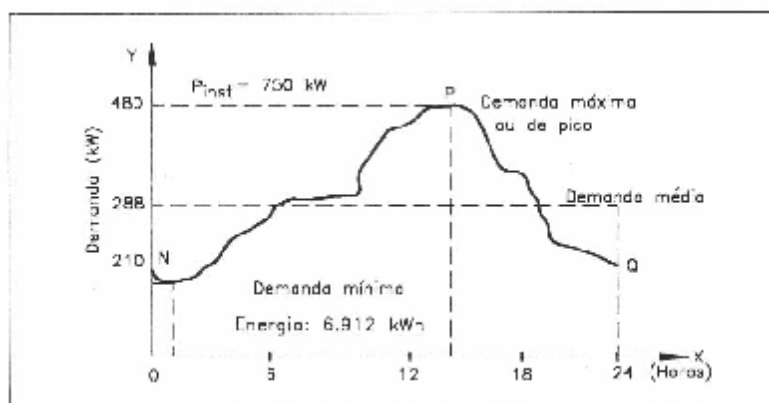


Fig. 13 – Curva de carga para uma instalação industrial

A partir dessa conformação de curva podem ser definidos os seguintes fatores:

1.8.1.2 Fator de demanda

É a relação entre a demanda máxima do sistema e a carga total conectada a ele, durante um intervalo de tempo considerado.

A carga conectada é a soma das potências nominais contínuas dos aparelhos consumidores de energia elétrica.

O fator de demanda é, usualmente, menor que a unidade. Seu valor somente é unitário se a carga conectada total for ligada simultaneamente por um período suficientemente grande, tanto quanto o intervalo de demanda.

A equação abaixo mede, matematicamente, o valor do fator de demanda, que é adimensional.

$$F_d = \frac{D_{M\acute{a}x}}{P_{inst}}$$

onde:

$D_{M\acute{a}x}$ = demanda máxima da instalação em kW ou kVA

P_{inst} = potência da carga conectada em kW ou kVA

Com relação à **figura 13**, o valor do fator de demanda é:

$$F_d = \frac{480}{750} = 0,64$$

A tabela abaixo fornece os fatores de demanda para cada grupamento de motores e operação independente.

Número de motores em operação	Fator de demanda em (%)
1 - 10	70 - 80
11 - 20	60 - 70
21 - 50	55 - 60
51 - 100	50 - 60
Acima de 100	45 - 55

1.8.1.3 Fator de carga

É a razão entre a demanda média, durante um determinado intervalo de tempo, e a demanda máxima registrada no mesmo período.

O fator de carga, normalmente, refere-se ao período de carga diária, semanal, mensal e anual. Quanto maior é o período de tempo ao qual se relaciona o fator de carga, menor é o seu valor; isto é, o fator de carga anual é menor que o mensal, que, por sua vez, é menor que o semanal, e assim sucessivamente.

O fator de carga é sempre maior que zero e menor ou igual à unidade. O fator de carga mede o grau no qual a demanda máxima foi mantida durante o intervalo de tempo considerado; ou, ainda, mostra se a energia está sendo utilizada de forma racional por parte de uma determinada instalação. Manter um elevado fator de carga no sistema significa obter os seguintes benefícios:

- otimização dos investimentos da instalação elétrica;
- aproveitamento racional e aumento da vida útil da instalação elétrica, incluídos os motores e equipamentos;
- redução do valor da demanda pico.

O fator de carga *diário* pode ser calculado pela equação abaixo:

$$F_{cd} = \frac{D_{med}}{D_{max}}$$

O fator de carga mensal pode ser calculado pela equação abaixo;

$$F_{cm} = \frac{C_{kwh}}{730 \times D_{max}}$$

onde:

C_{kwh} – consumo de energia elétrica durante o período de tempo considerado;

D_{max} – demanda máxima do sistema para o mesmo período em kW;

D_{med} – demanda média do período, calculada através de integração da curva de carga da **figura 13**, o que equivale ao valor do lado do retângulo de energia correspondente ao eixo da ordenada.

A área do retângulo é numericamente igual ao consumo de energia do período. Relativamente à curva a **figura 13**, o fator de carga diário da instalação é:

$$F_{cd} = \frac{288}{480} = 0,60$$

Com relação ao fator de carga mensal, considerando que o consumo de energia elétrica registrado na conta de luz da concessionária foi de 152.800

kWh, pode-se calcular o seu valor diretamente da equação fator de carga mensal, ou seja:

$$F_{cm} = \frac{152.800}{730 \times 480} = 0,44$$

1.8.1.4 Fator de simultaneidade

Inversamente chamado de fator de diversidade, é a relação entre a demanda máxima do grupo de aparelhos pela soma das demandas individuais dos aparelhos do mesmo grupo, num intervalo de tempo considerado. O fator de simultaneidade resulta da coincidência das demandas máximas de alguns aparelhos do grupo de carga, devido à natureza de sua operação

A aplicação do fator de simultaneidade em instalações industriais deve ser precedida de um estudo minucioso, a fim de evitar o subdimensionamento dos circuitos e equipamentos.

O fator de simultaneidade é sempre inferior à unidade, enquanto o fator de diversidade, considerado o inverso deste, é sempre superior a 1.

A tabela abaixo fornece os fatores de simultaneidade para diferentes potências de motores em grupamentos e outros aparelhos.

Aparelhos	Número de aparelhos							
	2	4	5	8	10	15	20	50
Motores: ¾ a 2,5 CV	0,85	0,80	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,40
Motores: 3 a 15 CV	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	0,65	0,55	0,45
Motores: 20 a 40 CV	0,80	0,80	0,80	0,75	0,65	0,60	0,60	0,50
+ de 40 CV	0,90	0,80	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	-	-	-	-	-	-

1.8.1.5 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 para diferentes tipos de aparelhos. A tabela abaixo fornece os fatores de utilização dos principais equipamentos utilizados nas instalações elétricas industriais.

Fatores de utilização

Aparelhos	Fator de utilização
Fornos a resistência	1,00
Secadores, caldeiras etc.	1,00
Fornos de indução	1,00
Motores de $\frac{3}{4}$ a 2,5 CV	0,70
Motores de 3 a 15 CV	0,83
Motores de 20 a 40 CV	0,85
Acima de 40 CV	0,87
Soldadores	1,00
Retificadores	1,00

Na falta de dados mais precisos pode ser adotado um fator de utilização igual a **0,75** para motores, enquanto para aparelhos de iluminação, ar condicionado e aquecimento, o fator de utilização deve ser *unitário*.

1.8.2 Determinação de demanda de potência

Cabe ao projetista a decisão sobre a previsão da demanda da instalação, a qual deve ser tomada em função das características da carga e do tipo de operação da indústria.

Há instalações industriais em que praticamente toda carga instalada está simultaneamente em operação em regime normal, como é o caso de indústrias de fios e tecidos. No entanto, há outras indústrias em há diversidade de operação entre diferentes setores de produção. É de fundamental importância considerar essas situações no dimensionamento dos equipamentos. Num projeto de instalação elétrica industrial, além das áreas de manufaturados, há as dependências administrativas, cujo projeto deve obedecer às características normativas, quanto ao número de tomadas por dependência, ao número de pontos de luz por circuito etc.. Nessas condições, a carga prevista num determinado projeto deve resultar da composição das cargas dos setores industriais e das instalações administrativas.