Instalações Elétricas Prediais e Industriais – I (TE344)

Aula 07 - Demanda de grandes edificações

PROF. DR. SEBASTIÃO RIBEIRO JÚNIOR

1.1 – Dados para elaboração do projeto

A elaboração de um 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 cliente um conjunto de plantas da indústria, contendo, no mínimo, os seguintes detalhes:

- Planta da situação
- Planta baixa do prédio
- Planta baixa do arranjo das máquinas
- Planta de detalhes (particularidades do projeto arquitetônico, tais como vistas e cortes do galpão industrial, detalhes sobre a existência de pontes rolantes, colunas, vigas de concreto, montagem de certas máquinas de grande porte, outros)

É importante, na fase de projeto, conhecer **os detalhes,** planos **futuros da empresa,** expansão **planejada,** carga **a ser adicionada e** local **da instalação.**

1.1 – Dados para elaboração do projeto

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

- Flexibilidade
- Acessibilidade
- Confiabilidade
- Continuidade
- Condições de fornecimento

O projetista, sem ser especialista no ramo de atividade da indústria que projeta, **deve conhecer todo o processo industrial**.

1.1 – Dados para elaboração do projeto

Condição de fornecimento de energia elétrica

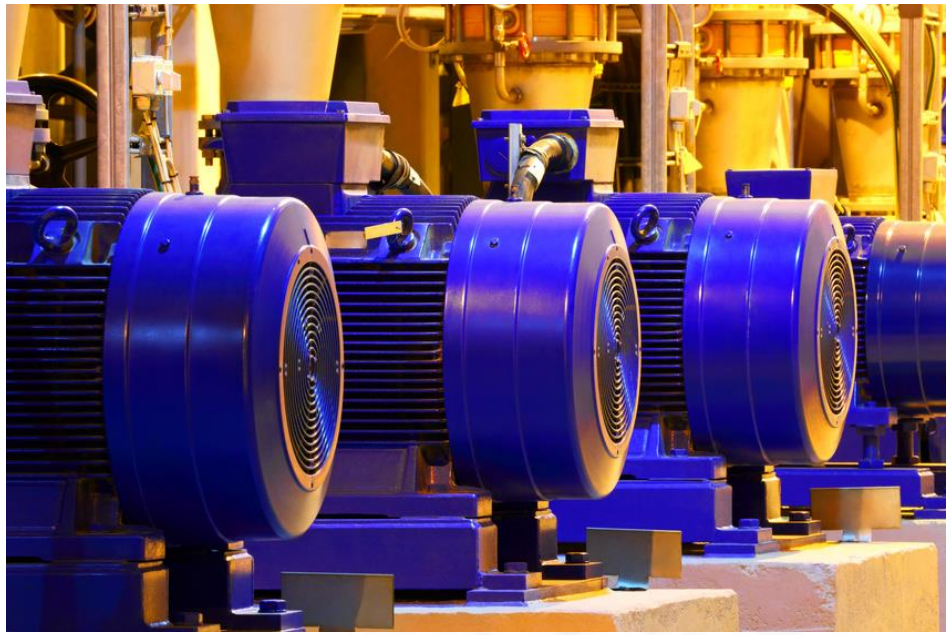
- Informações da concessionária local
  - **Garantia** do suprimento de carga, dentro de condições satisfatórias;
  - **Variação** da tensão de suprimento;
  - Tensão nominal / **Tensão de fornecimento**;
  - **Tipo de sistema de suprimento**: radial, radial com recurso, etc.
  - Capacidade de curto-circuito **atual** e **futuro** do sistema;
  - **Impedância** equivalente no ponto de conexão;

1.1 – Dados para elaboração do projeto

Característica da carga

Obtidas com o **responsável** pelo projeto técnico industrial ou por meio do **manual** de especificações dos equipamentos

1. **Motores**: potência, tensão, corrente, frequência, número de pólos, número de fases, ligações possíveis, regime de funcionamento;

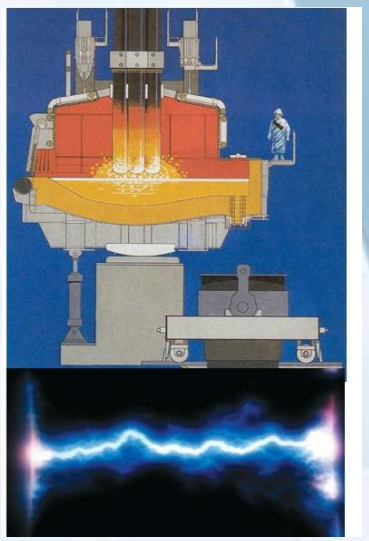


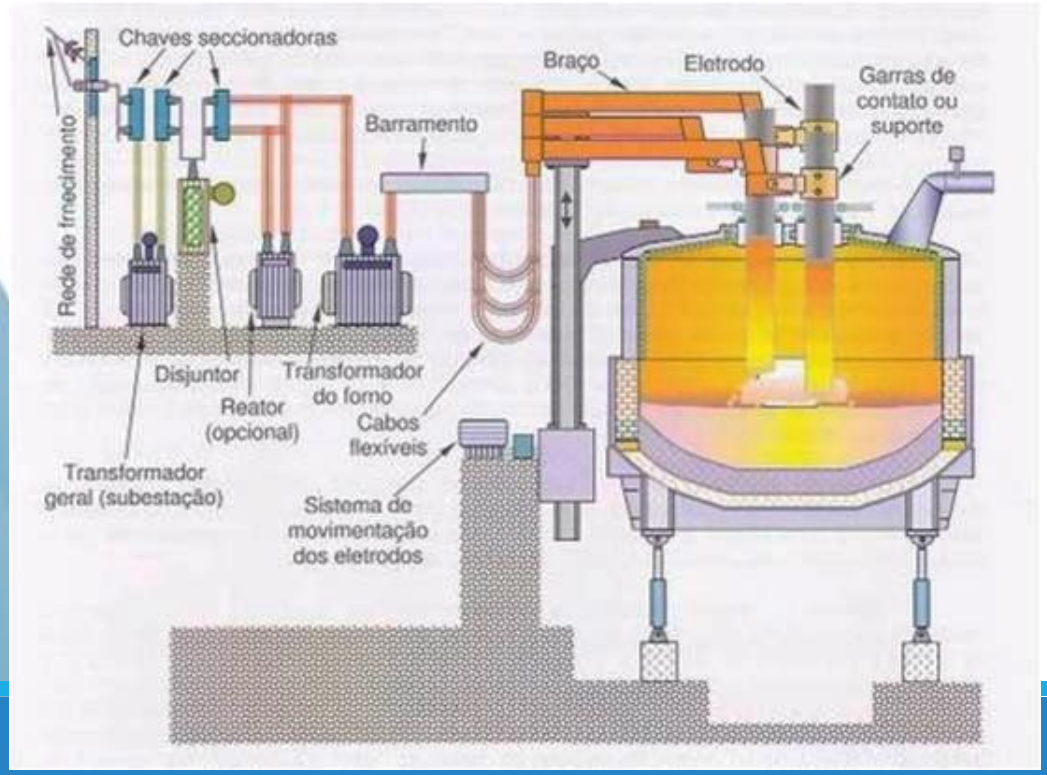
1.1 – Dados para elaboração do projeto

Forno Elétrico a Arco (EAF)

Objetivo: Fundir sucata metálica, convertendo-a em aço líquido, utilizando energia elétrica, convertida em calor pela radiação de arcos elétricos criados entre o(s) eletrodo(s) e peças de sucata sólida (*Metalurgia Primária*);

Após a fusão, a composição do aço é ajustada no processo subsequente de "*Metalurgia secundária*" ou "*Metalurgia de Panela*"





Característica da carga

2. **Fornos a arco**: potência do forno, potência de curto circuito do forno, potência do transformador do forno, tensão, frequência, outros;

1.1 – Dados para elaboração do projeto

Característica da carga

Obtidas com o **responsável** pelo projeto técnico industrial ou por meio do **manual** de especificações dos equipamentos

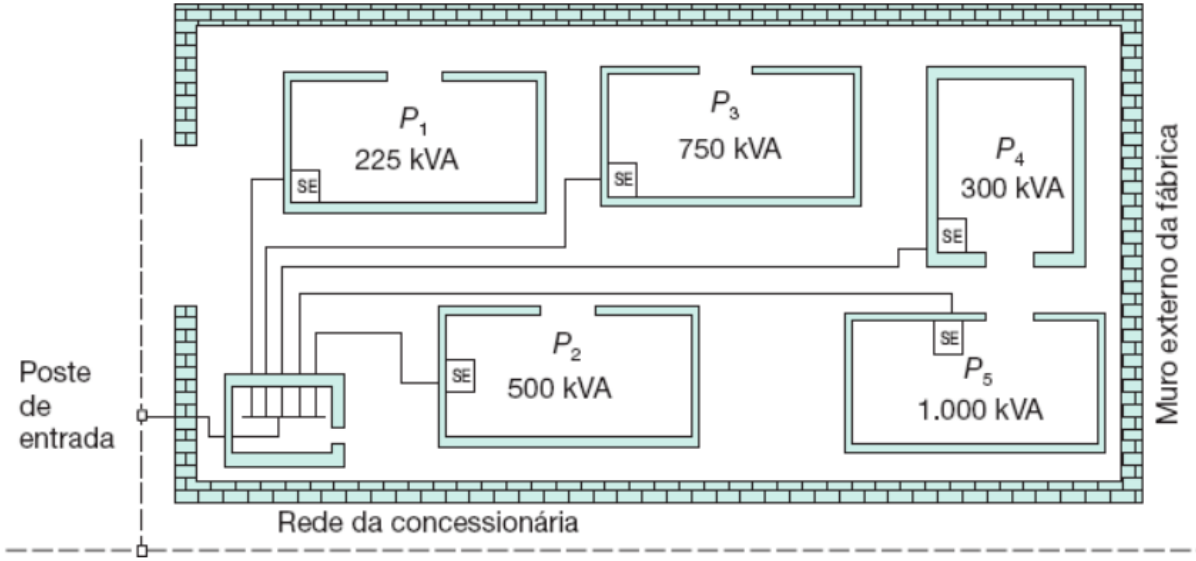
3. **Outras cargas**: máquinas acionadas por sistemas computadorizados com variação de tensão mínima, aparelhos de raio x , máquinas de solda e outras cargas especiais, devem ser analisadas detalhadamente pelo projetista.

Inspeção radiográfica de soldas em tubos

1.2 – Concepção do projeto

Divisão da carga em blocos

- Com base na planta baixa com a disposição das máquinas, deve-se dividir a carga em **blocos**.
- Cada bloco deve corresponder a um **quadro de distribuição terminal** com alimentação e proteção individualizada.
- O bloco é selecionado considerando-se os **setores** individuais de produção, **grandeza** da carga e **queda de tensão.**



(Mamede Filho, J., 2017)

1.2 – Concepção do projeto

Quadros de Distribuição

Quadros normais

Quadros de Distribuição de Circuitos Terminais (QDT)
Centro de Comando de Motores (CCM)
Quadros de Distribuição de Luz (QDL)

Localização dos Quadros de Distribuição de Circuitos Terminais (CCM e QDL):

- No centro do conjunto de cargas, quando possível;
- Próximo a linha de alimentação;
- Em locais de fácil acesso;
- Afastado da passagem frequente de pessoas;
- Em locais com condições climáticas e físicas favoráveis;
- Com temperatura adequada;
- Locais não sujeitos a gases corrosivos, inundações, trepidações, etc. e com temperatura adequada.

1.2 – Concepção do projeto

Quadro de Distribuição Geral ou Quadro de Distribuição de Força (QGF):

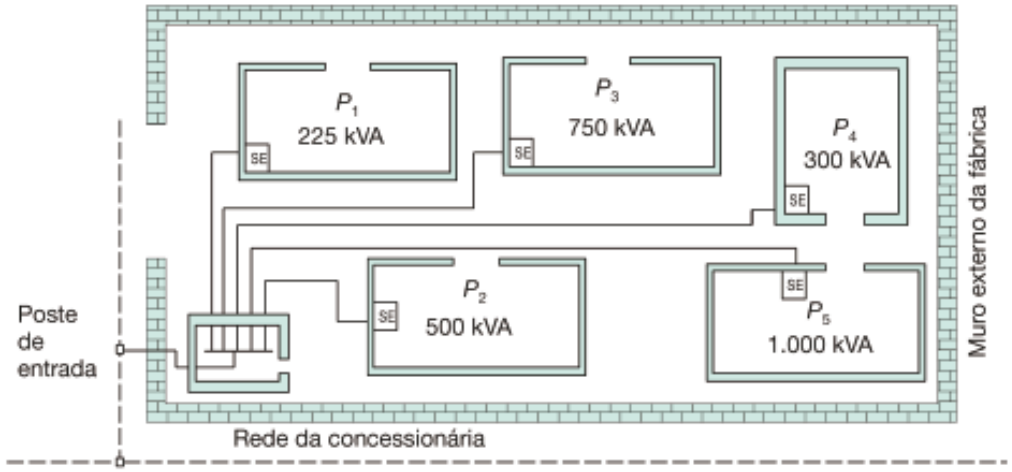
- Estes quadros contém os componentes para seccionamento, proteção e medição dos circuitos
- Devem ficar na subestação ou próximos às unidades de transformação nas quais serão conectados.

Localização da Subestação

- É comum o projetista receber a planta com **indicação do local** da subestação (proj. arquitetônico)
- A **cabine de medição** usualmente é próximo a via pública (medição da concessionária)
- Preferencialmente, localizado **próximo ao centro de carga** (baricentro) das cargas
- Deve-se considerar a questão **econômica** e de **segurança** da indústria, principalmente quando o produto é de alto risco.

1.2 – Concepção do projeto

- Quando a indústria é provida de um **único prédio**, é comum a subestação central ficar afastada do centro de carga, o que leva a ter alimentadores longos e de seção elevada.
- Quando a indústria é formada por **duas ou mais unidades** de produção, localizadas em locais separados, é possível localizar a subestação em local mais apropriado.



Indústria formada por diversos galpões.

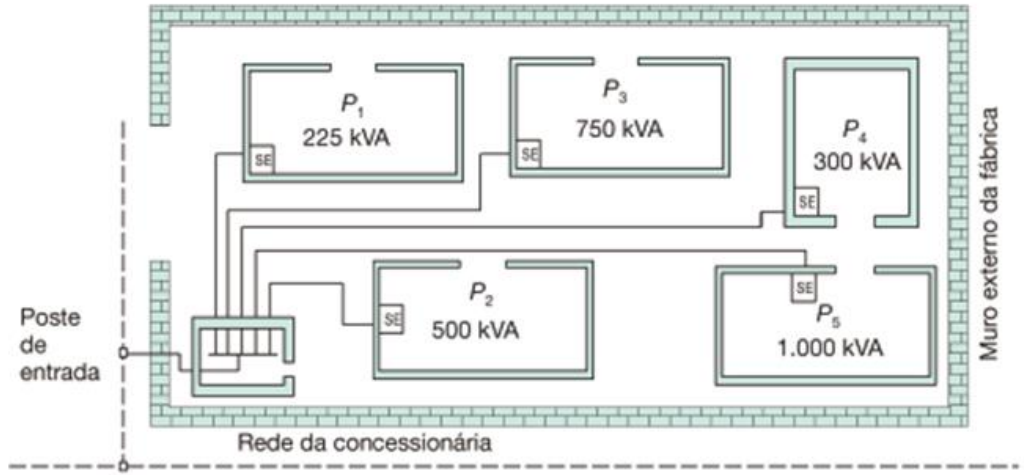
- Contudo, é necessário localizar a **cabine de medição** próximo a via pública, de acordo com a norma da concessionária.
- Também deve ser previsto o **Posto de Proteção Geral** para os alimentadores primários.

1.2 – Concepção do projeto

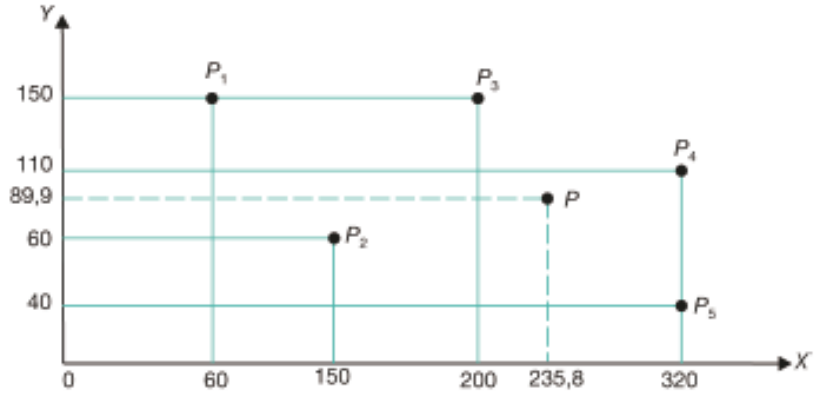
- **cabine de medição**
- **Posto de Proteção Geral** para os alimentadores primários.
- NBR 5410 item 5.1.5 Proteção parcial contra choques elétricos (**Uso de obstáculos** / **Colocação fora de alcance**)

1.2 – Concepção do projeto

O processo para a **localização do centro de carga**, que deve corresponder a uma **subestação**, é definido pelo cálculo do baricentro dos pontos considerados como de carga puntiforme e correspondentes à potência demandada de cada galpão industrial com suas respectivas distâncias em relação à origem – no caso, o **posto de proteção geral**.



Indústria formada por diversos galpões.



$$X = \frac{X_1 \times P_1 + X_2 \times P_2 + X_3 \times P_3 + X_4 \times P_4 + X_5 \times P_5}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5}$$

$$Y = \frac{Y_1 \times P_1 + Y_2 \times P_2 + Y_3 \times P_3 + Y_4 \times P_4 + Y_5 \times P_5}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5}$$

1.2 – Concepção do projeto

Os cálculos das coordenadas X e Y indicam **o local adequado da subestação do ponto de vista da carga**.

A **escolha do local exato**, deve levar outros parâmetros em consideração:

- Proximidade de materiais combustíveis
- Sistemas de resfriamento, ruas internas e outros.

A **escolha do número de subestações** deve considerar o seguinte:

- Quanto menor a potência da subestação, maior é o custo do kVA instalado em transformação.
- Quanto maior o número de subestações unitárias, maior é a quantidade de condutores primários utilizados.
- Quanto menor o número de subestações primárias, maior é a quantidade de condutores secundários utilizados.

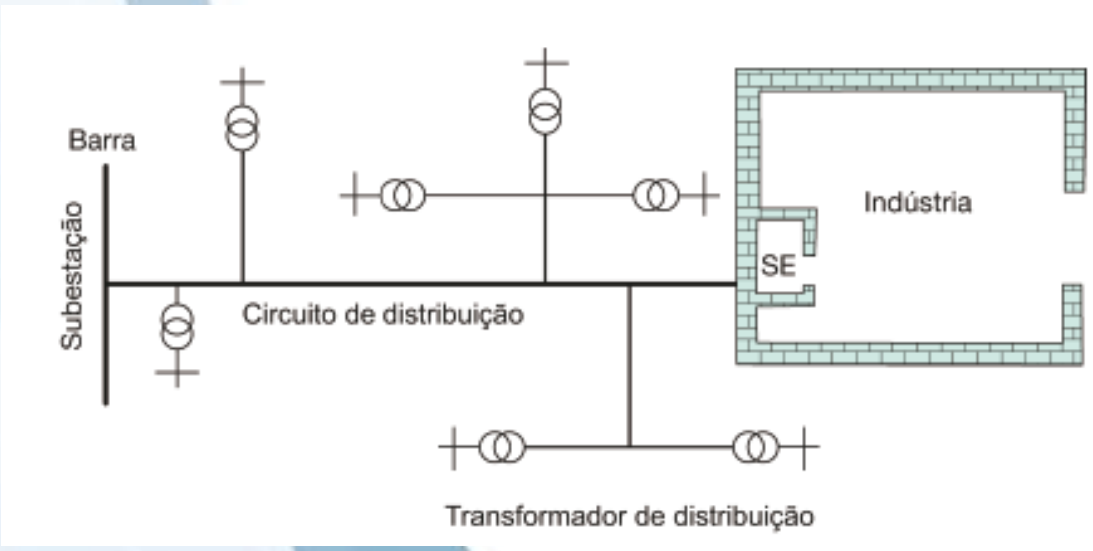
Deve-se levar em consideração o **custo** (devem ser analisados custos de diferentes opções, para determinar a mais econômica).

Estudos indicam que as subestações unitárias mais econômica, considerando o kVA instalado, estão entre 750 kVA e 1000kVA.

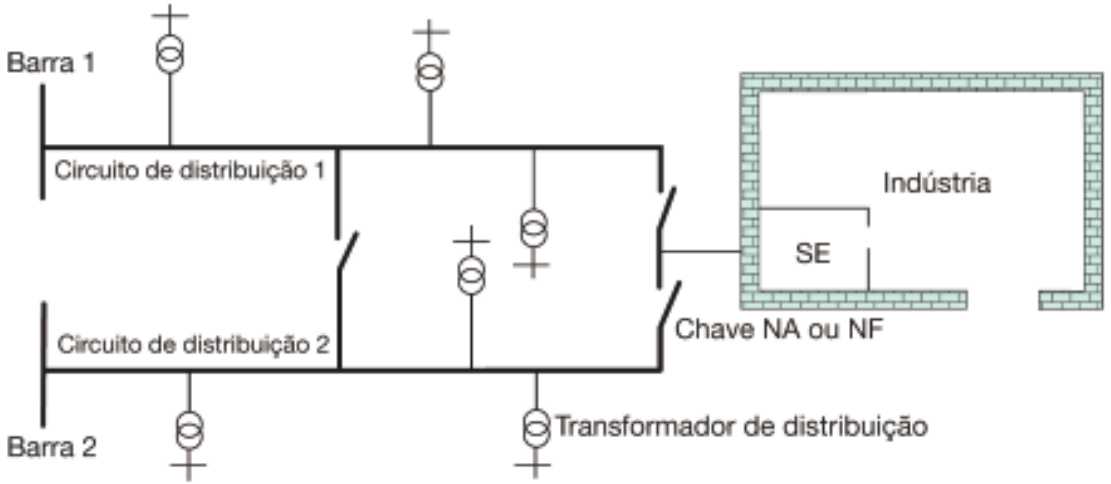
1.2 – Concepção do projeto

Sistema primário de suprimento (**concessionária**):

Radial simples



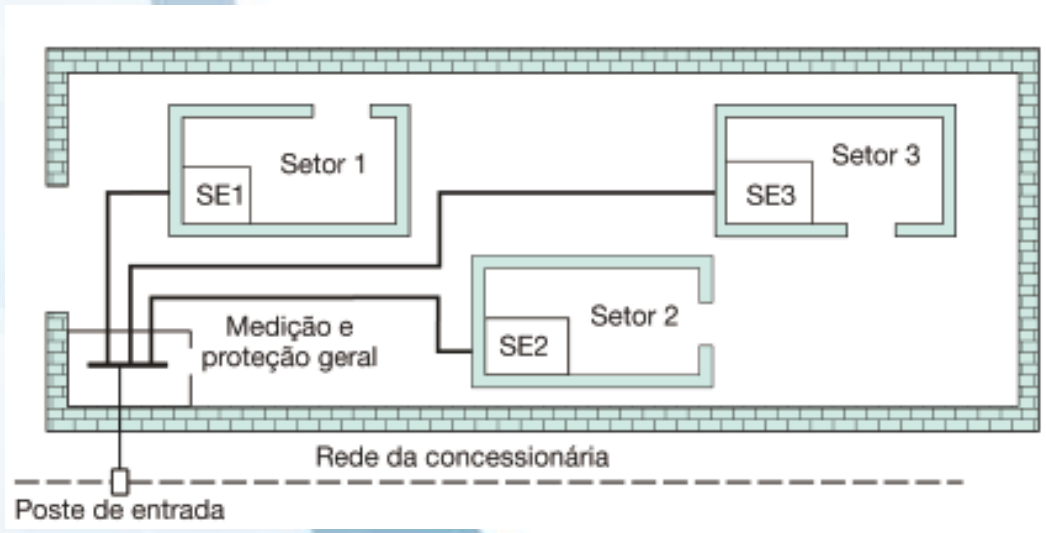
Radial com recurso



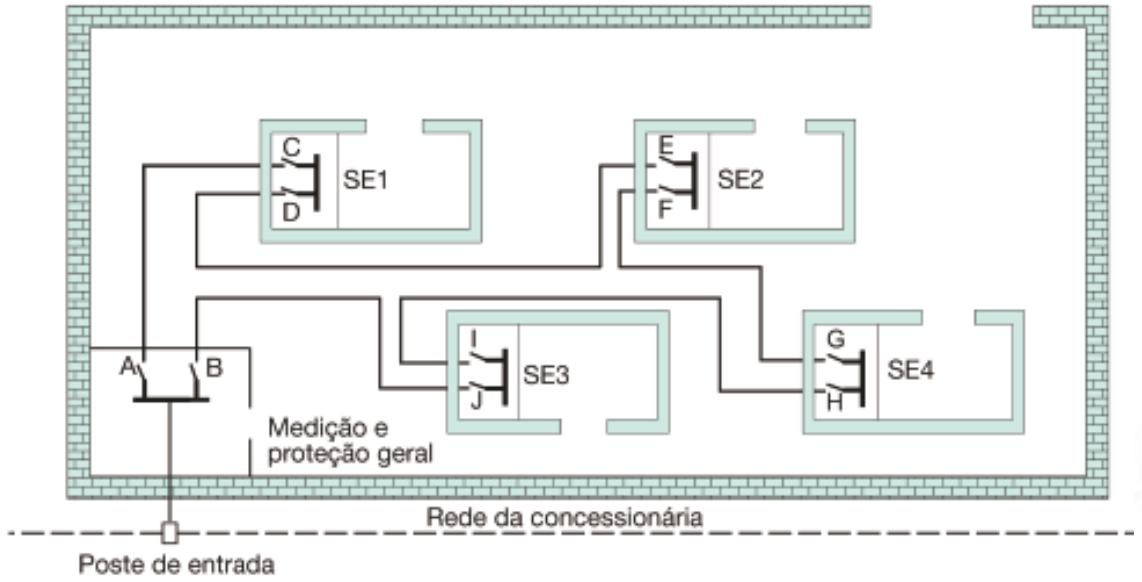
1.2 – Concepção do projeto

Sistema primário de distribuição interna (**indústria**)

Radial simples

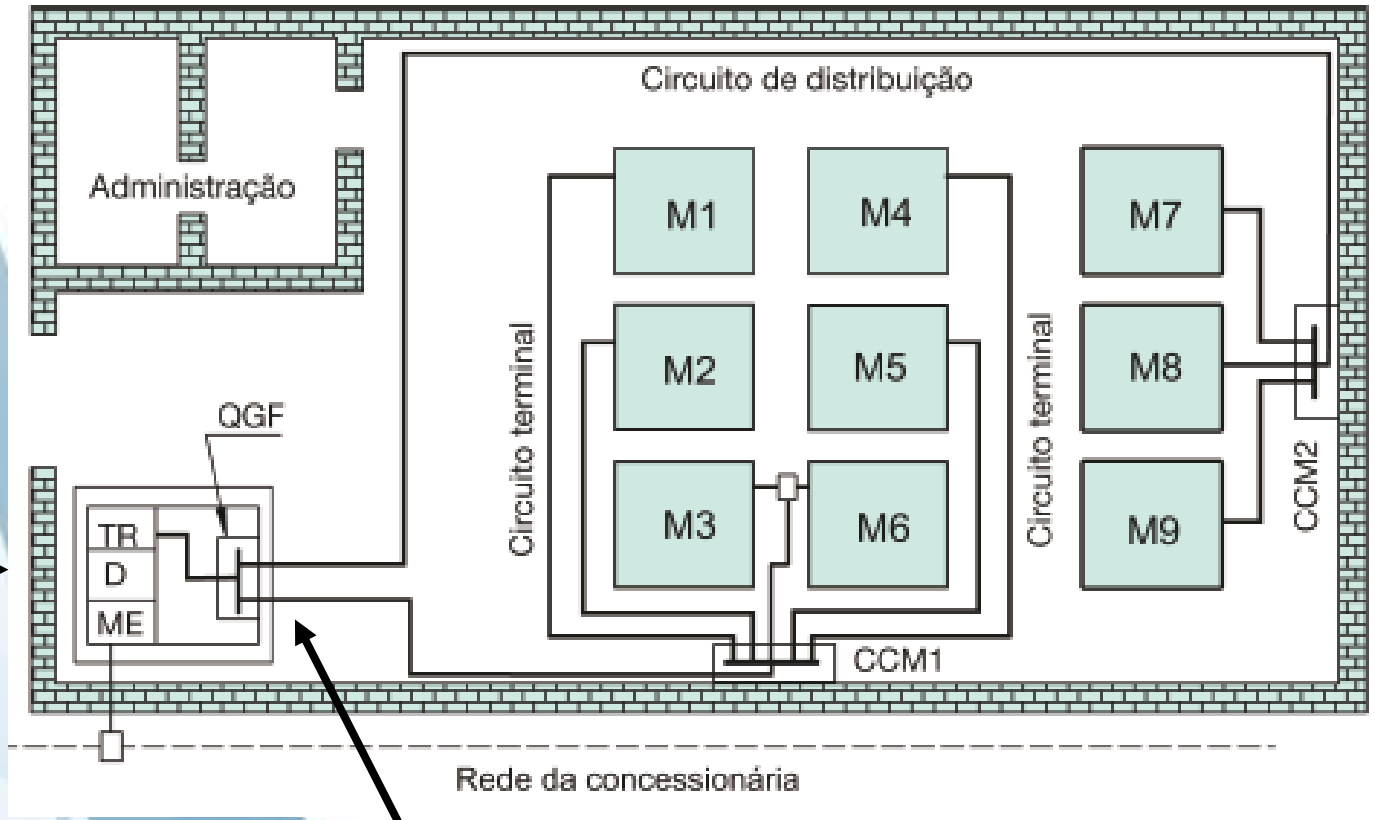


Radial com recurso



1.2 – Concepção do projeto

Sistema secundário de distribuição interno (**indústria**)



Centro de Comando de Motores

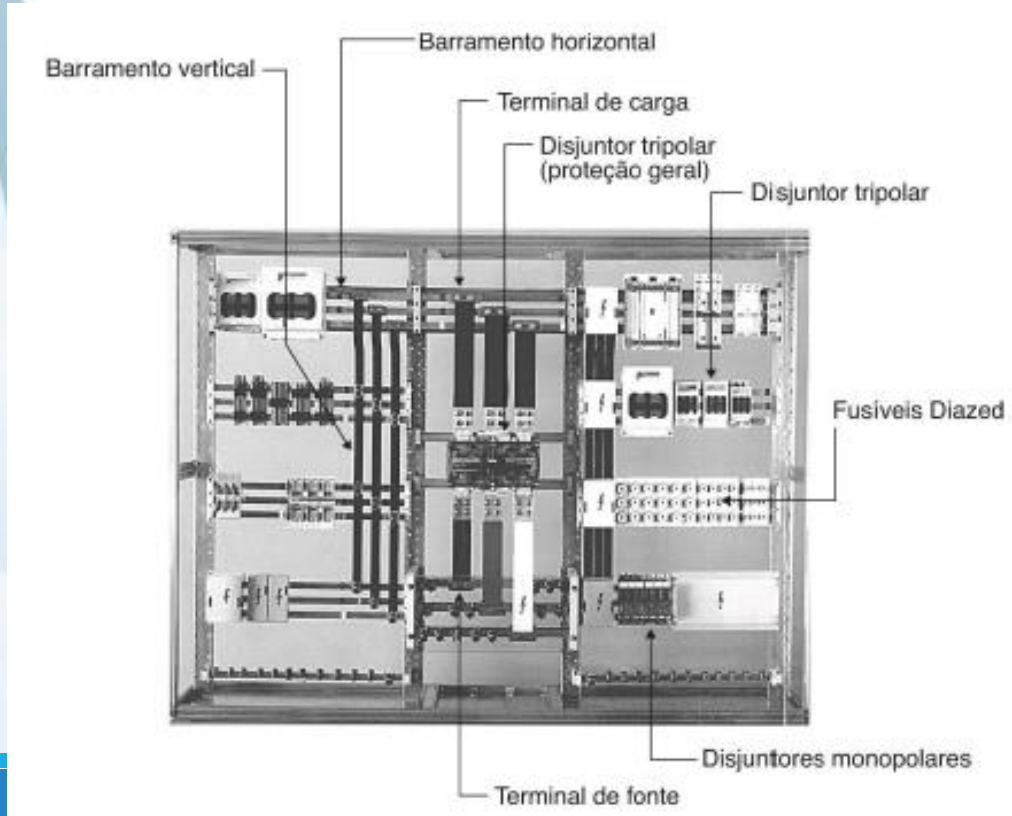
Transformador
Disjuntor
Medidor

Circuito de distribuição

1.2 – Concepção do projeto

Quadros de Distribuição (QGF, CCM, QDL)

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. Em geral IP 40 ou IP 54 em ambiente de atmosfera poluída.



1.2 – Concepção do projeto

- **QGF** (Quadro Geral de Força), **QDL** (Quadro de Luz) e **CCM** (Centro de Comando de Motores)

Conter 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
- Contactores
- Fusíveis com terminais apropriados para retirada sob tensão
- Tomada de corrente (pequenos motores)

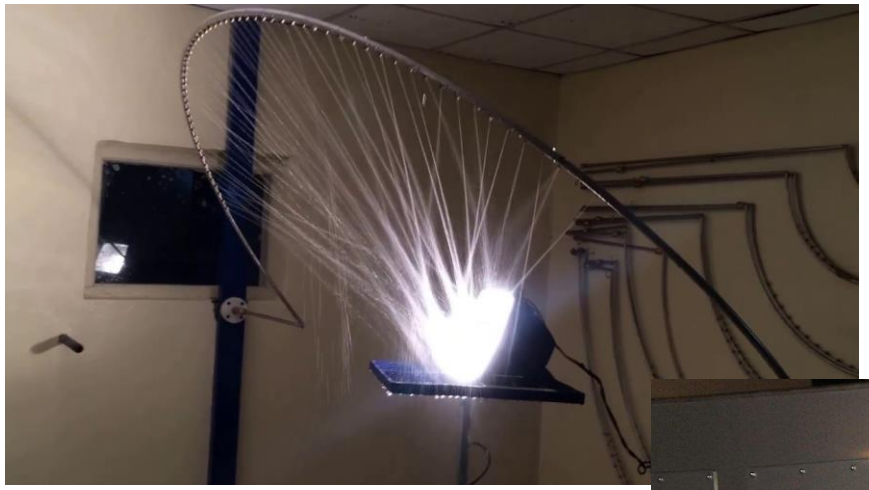
Quadros de distribuição

- QGF (Quadro Geral de Força), QDL (Quadro de Luz) e CCM (Centro de Comando de Motores)

- Instalados abrigados e atmosfera normal – IP40

- Instalados em atmosfera poluída – IP54.

- São vedados e não devem possuir instrumentos e botões de acionamento fixados exteriormente.

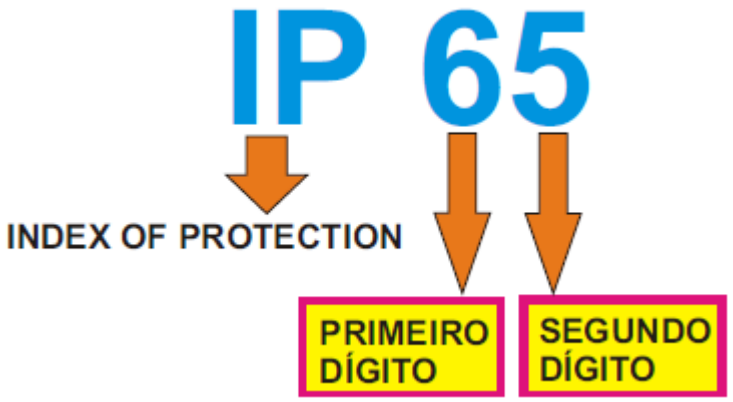


1.4 – Graus de proteção

Proteção contra riscos de incêndio e explosão

NR-10 e normas nacionais e internacionais que disciplinam a segurança

Graus de proteção



1.3 – Meio Ambiente

Meio ambiente (influências externas)

- **NBR 5410 estabelece codificação por letras e números**

A – Condições ambientais (4.2.6.1)

B – Utilização (4.2.6.2)

C – Construção das edificações (4.2.6.3)

1.3 – Meio Ambiente

Meio ambiente (influências externas)

A – Condições ambientais (4.2.6.1)

AA – Temperatura ambiente (4.2.6.1.1)

AB – Condições climáticas do ambiente (4.2.6.1.2)

AC – Altitude (4.2.6.1.3)

AD – Presença de água (4.2.6.1.4)

AE – Presença de corpos sólidos (4.2.6.1.5)

AF – Presença de substâncias corrosivas ou poluentes (4.2.6.1.6)

AG – Choques mecânicos (4.2.6.1.7)

AH – Vibrações (4.2.6.1.7)

AK – Presença de flora ou mofo (4.2.6.1.8)

AL – Presença de fauna (4.2.6.1.9)

AN – Radiação solar (4.2.6.1.11)

AQ – Descargas atmosféricas (4.2.6.1.12)

AR – Movimentação do ar (4.2.6.1.13)

AS – Vento (4.2.6.1.14)

B – Utilização (4.2.6.2)

BA – Competência de pessoas (4.2.6.2.1)

BB – Resistência elétrica do corpo humano (4.2.6.2.2)

BC – Contatos das pessoas com o potencial da terra (4.2.6.2.3)

BD – Fuga das pessoas em emergências (4.2.6.2.4)

BE – Natureza dos materiais processados ou armazenados (4.2.6.2.5)

C – Construção das edificações (4.2.6.3)

CA – Materiais de construção (4.2.6.3.1)

CB – Estrutura das edificações (4.2.6.3.2)

1.3 – Meio Ambiente

Meio ambiente (influências externas)

AM – Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes (4.2.6.1.10)

AM1 – Harmônicas e inter-harmônicas (4.2.6.1.10)

AM2 – Tensões de sinalização (4.2.6.1.10)

AM3 – Variações de amplitude da tensão (4.2.6.1.10)

AM4 – Desequilíbrio de tensão (4.2.6.1.10)

AM5 – Variações de freqüência (4.2.6.1.10)

AM6 – Tensões induzidas de baixa freqüência (4.2.6.1.10)

AM7 – Componentes contínuas em redes c.a. (4.2.6.1.10)

AM8 – Campos magnéticos radiados (4.2.6.1.10)

AM9 – Campos elétricos (4.2.6.1.10)

AM21 – Tensões ou correntes induzidas oscilantes (4.2.6.1.10)

AM22 – Transitórios unidirecionais conduzidos, na faixa do nanossegundo (4.2.6.1.10)

AM23 – Transitórios unidirecionais conduzidos, na faixa do micro ao milissegundo (4.2.6.1.10)

AM24 – Transitórios oscilantes conduzidos (4.2.6.1.10)

AM25 – Fenômenos radiados de alta freqüência (4.2.6.1.10)

AM31 – Descargas eletrostáticas (4.2.6.1.10)

AM41 – Radiações ionizantes (4.2.6.1.10)

1.5 Formulação de um projeto

Antes de iniciar um projeto de uma instalação industrial, o projetista deve planejar o desenvolvimento de suas ações de forma a **evitar o retrabalho**, **desperdiçando tempo** e **dinheiro**.

FATORES DE PROJETO

São alguns fatores aplicados visando a economicidade do empreendimento. A omissão destes fatores pode levar a especificar equipamentos com potência muito elevada.

Potência Instalada

É o somatória de todos os equipamentos que podem ser utilizados dentro da instalação . Esse uso pode ou não ser simultâneo.

Na prática o uso simultâneo é restrito a processos ou aplicações específicos.

A potência instalada não é o único fator a ser considerado na determinação da demanda de energia de uma instalação elétrica.

1.6 – Fatores de demanda e de carga

Fator de carga: Razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado.

$$FC = \frac{Demanda\ média}{Demanda\ Máxima}$$

$$FC = \frac{Consumo\ de\ de\ energia_{(KWh)}}{730\ x\ D_{max}}$$ mensal

Adimensional, varia entre 0 e 1.

Refere-se ao período diário, semanal ou mensal

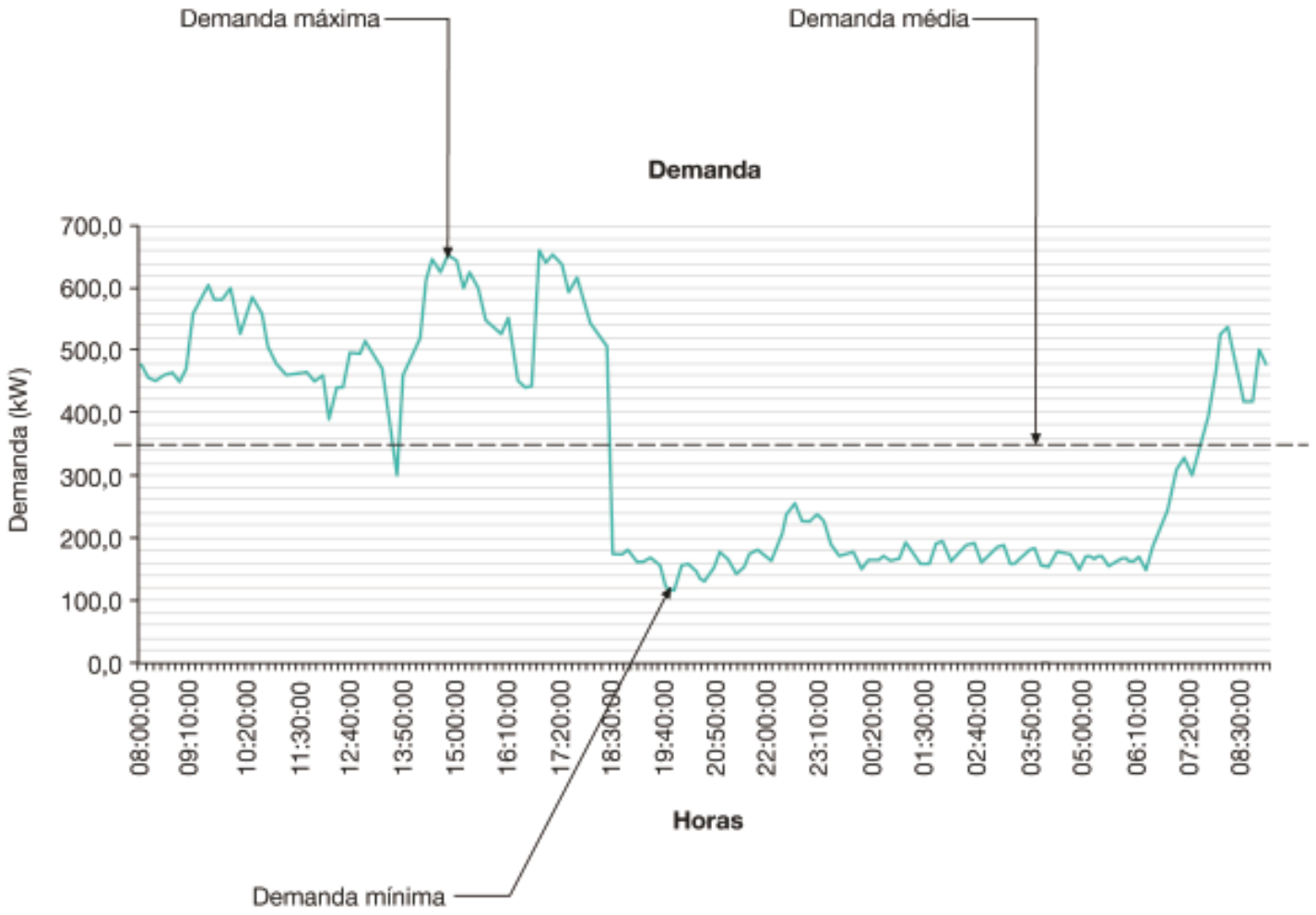
A melhoria do fator de carga implica em:

- Conservar o consumo e reduzir a demanda
- Conservar a demanda e melhorar o consumo
- Controle automático da demanda
- Reprogramação da operação das cargas

1.6 – Fatores de demanda e de carga

FC diário para a curva de demanda :

$$FC(diário) = \frac{Dmédia}{Dmax} = \frac{350}{680} \cong 0{,}51$$



1.6 – Fatores de demanda e de carga

Fator de demanda: Razão entre a demanda máxima em um intervalo de tempo especificado e a carga instalada na unidade consumidora.

Menor que 1.

$$FD = \frac{D_{máx}}{P_{inst}}$$

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

Para um projeto industrial com potência instalada de 1500 kW e curva de demanda anterior:

$$FD = \frac{Dmax}{P_{inst}} = \frac{680}{1500} \cong 0{,}45$$

1.6 – Fatores de demanda e de carga

Fator de perdas: É a relação entre a perda de **potência na demanda média** e a perda de **potência na demanda máxima**, considerando um intervalo de tempo especificado.

Na prática, pode ser determinado em função do **fator de carga**

$$F_p = 0,30xF_c + 0,7xF_c^2$$

- Quando o fator de carga se aproxima de zero, o fator de perdas também é **mínimo**.
- Quando o fator de carga se aproxima de um, as perdas elétricas são **máximas**.

1.6 – Fatores de demanda e de carga

Fator de potência: Razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas em um mesmo período especificado.

Fator de simultaneidade: É a relação entre a demanda máxima do grupo de aparelhos pela soma das demanda individuais dos aparelhos do mesmo grupo num intervalo de tempo considerado.

Sempre menor que 1.

Tabela 1.2 Fatores de simultaneidade

Aparelhos (cv)	Número de aparelhos							
	2	4	5	8	10	15	20	50
Motores: 3/4 a 2,5	0,85	0,80	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,40
Motores: 3 a 15	0,85	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	0,80	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	-	-	-	-	-	-

1.6 – Fatores de demanda e de carga

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.

Aparelhos	Fator de utilização
Fornos a resistência	1,00
Secadores, caldeiras, etc.	1,00
Fornos de indução	1,00
Motores de ¾ a 2,5 CV	0,70
Motores de 3 a 15 CV	0,83
Motores de 20 a 40 CV	0,85
Motores 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** e **unitário para aparelhos de iluminação, ar condicionado e aquecimento**.

1.7 Determinação da demanda de potência

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

Por exemplo,

- Há instalações em que praticamente toda a carga instalada está em operação em regime normal.
- Há indústrias com diversidade de carga na operação.

Há várias metodologias para determinação da demanda de potência.

Quando o projetista não obter informações razoáveis sobre a operação simultânea ou não dos setores de carga, sugerem-se as seguintes precauções:

- Considerar a carga de qualquer equipamento de utilização na potência declarada pelo fabricante ou calculada de acordo com a tensão nominal e a corrente nominal, expressa em VA, ou multiplicar o resultado anterior pelo fator de potência, para obter em W.

- Se a potência declarada pelo fabricante for a universal fornecida pelo equipamento, como ocorre no caso dos motores, deve-se considerar o rendimento do aparelho para se obter a potência absorvida, que é o valor que se deve utilizar para determinar o valor da carga individualizada.

1.8 Levantamento da curva de carga da instalação

O correto levantamento da curva de carga de uma instalação somente é possível durante o funcionamento em regime permanente, com a execução de todo seu ciclo industrial, considerando as diversas etapas da produção.

Para isso, usa-se equipamentos disponíveis no mercado.

Por exemplo:

Previsão de carga

Tabela 1.7 Levantamento de carga

Setor	Motores									Resistores	Lâmpadas															Tomadas				Potência trifásica			Período de funciona-mento
	Quant	Potência	Fator Pot	Rendi-mento	Fator utili-zação	Fator simultân.	Total			Potência	Fluorescente							Vapor de mercúrio								Quant.	Potência	Adm.	Ind.	Total			Horas
											Quant	Pot	P reat	F pot	Total			Quant	Pot	P reat	F pot	Total			-		(*)	(**)				
	-	cv	-	-	-	-	kW	kVAr	kVA	kW	-	W	W	-	kW	kVAr	kVA	-	W	kVAr	-	kW	kVAr	kVA	-	W	kW	kW	kW	kVAr	kVA	-
Setor A	15	25	0,84	0,88	0,85	0,60	160,0	103,3	190,4																			160,0	103,3	190,4	7-22
Setor B	20	15	0,75	0,86	0,83	0,55	117,2	103,4	156,3																			117,2	103,4	156,3	7-22
Setor C	50	7,5	0,81	0,84	0,83	0,45	122,7	88,8	151,5																			122,7	88,8	151,5	7-14 / 16-22
Setor D	15	5	0,83	0,83	0,83	0,65	35,9	24,1	43,2	200																		235,9	24,1	237,1	0-11 / 14-24
Setor E	20	3	0,73	0,82	0,83	0,55	24,6	23,0	33,7																			24,6	23,0	33,7	7-24
Setor F	6	10	0,85	0,86	0,83	0,75	32,0	19,8	37,6																			32,0	19,8	37,6	7-20
	15	20	0,86	0,88	0,85	0,60	128,0	75,9	148,8																			128,0	75,9	148,8	
Setor G	20	10	0,85	0,86	0,83	0,55	78,1	48,4	91,9	100																		178,1	48,4	184,5	0-16 / 20-24
Setor H	15	30	0,85	0,91	0,85	0,60	185,6	115,0	218,4																			185,6	115,0	218,4	7-22
Setor I	2	75	0,87	0,92	0,87	0,90	94,0	53,2	108,0																			94,0	53,2	108,0	6-24
Ilum. Adm.											750	32	9	0,5	10,2	3,80	12,6											10,2	3,8	12,9	7-19
Tom. Adm.																										150	100	15,0		5,0	0,0	5,0	7-19
Ilum. Ind.											450	110	17,5	0,95	19,5	11,80	22,4	143	400	2,11	0,95	24,8	2,11	24,9					43,8	13,9	47,3	0-24
Tom. Ind.																										18	20.000		108,0	108,0	0,0	108,0	0-24
Ilum. Ext.																		38	400	45	0,95	6,5	0,18	6,6					6,5	0,2	6,6	18-6
Total da carga (kW)							978,0	655,1	1.179,8	300					29,2		35,0							31,5					1.451,5	673,0	1.646,1	-

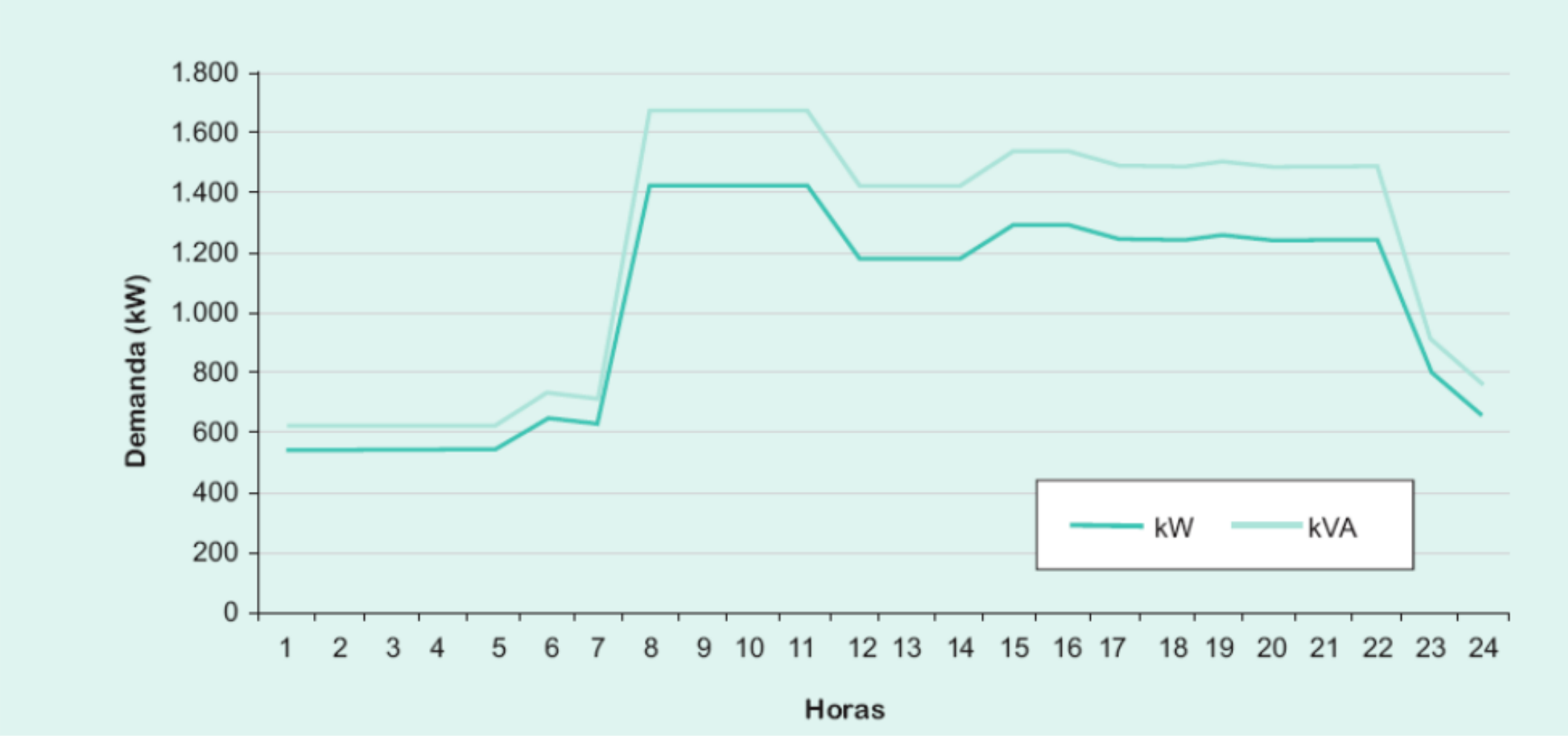
(*) fator de demanda admitido: 100 %

(**) fator de demanda admitido: 30 %

Intervalos de demanda																								
Setores	Horas	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
	Demandas horárias																								
A	kW								160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0		
	kVA								190,4	190,4	190,4	190,4	190,4	190,4	190,4	190,4	190,4	190,4	190,4	190,4	190,4	190,4		
B	kW								117,2	117,2	117,2	117,2	117,2	117,2	117,2	117,2	117,2	117,2	117,2	117,2	117,2	117,2		
	kVA								156,3	156,3	156,3	156,3	156,3	156,3	156,3	156,3	156,3	156,3	156,3	156,3	156,3	156,3		
C	kW								122,7	122,7	122,7	122,7	122,7	122,7	122,7			122,7	122,7	122,7	122,7	122,7	122,7	122,7	
	kVA								151,5	151,5	151,5	151,5	151,5	151,5	151,5			151,5	151,5	151,5	151,5	151,5	151,5	151,5	
D	kW	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9				235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9	235,9
	kVA	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1				237,1	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1
E	kW								24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6
	kVA								33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7
F	kW								32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0				
	kVA								37,6	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6				
	kW								128,0	128,0	128,0	128,0	128,0	128,0	128,0	128,0	128,0	128,0	128,0	128,0	128,0				
	kVA								148,8	148,8	148,8	148,8	148,8	148,8	148,8	148,8	148,8	148,8	148,8	148,8	148,8				
G	kW	178,1	178,1	178,1	178,1	178,1	178,1	178,1	178,1	178,1	178,1	178,1	178,1	178,1	178,1	178,1	178,1					178,1	178,1	178,1	178,1
	kVA	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5					184,5	184,5	184,5	184,5
H	kW								185,6	185,6	185,6	185,6	185,6	185,6	185,6	185,6	185,6	185,6	185,6	185,6	185,6	185,6	185,6		
	kVA								218,4	218,4	218,4	218,4	218,4	218,4	218,4	218,4	218,4	218,4	218,4	218,4	218,4	218,4	218,4		
I	kW						94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0
	kVA						108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0
I Adm (*)	kW								30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8					
	kVA								32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9					
I Adm(**)	kW								15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0					
	kVA								15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0					
I Ind (*)	kW	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8
	kVA	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3
T Ind (**)	kW	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0
	kVA	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0
I Ext	kW	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6													6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
	kVA	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5													6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Tot	kW	464	464	464	464	464	558	552	1.353	1.353	1.353	1.353	1.117	1.117	1.117	1.230	1.230	1.175	1.175	1.181	1.150	1.169	1.169	706	583
	kVA	475	475	475	475	475	583	577	1.547	1.547	1.547	1.547	1.309	1.309	1.309	1.395	1.395	1.362	1.362	1.369	1.336	1.334	1.334	769	617

(*) carga de iluminação e (**) tomadas

1.9 Curva de carga de uma instalação



Tensão de fornecimento de energia

É de **competência da distribuidora de energia** local informar ao interessado a tensão de fornecimento de energia para a unidade consumidora, observando os seguintes requisitos:

- Fornecimento em tensão secundária em rede aérea: carga instalada ≤ 75kVA.
- Fornecimento em tensão primária de distribuição inferior a 69 kV: 75kVA < carga instalada e a demanda a ser contratada for inferior a 2500 kW.
- Fornecimento em tensão primária de distribuição superior a 69 kV: Demanda a ser contratada for superior a 2500 kW.

Podendo variar entre concessionárias

A distribuidora **poderá** estabelecer a tensão de fornecimento diferente daquela estabelecida anteriormente quando ocorrer uma das seguintes condições:

- A **UC** operar equipamentos que, pelas características de funcionamento ou potência, possa prejudicar a qualidade de fornecimento de outros consumidores.
- Quando houver conveniência técnica e econômica para o subsistema elétrico da distribuidora, desde que haja anuência do consumidor.

1.7 Determinação da demanda de potência

$$P_{em} = \frac{P(CV)x0{,}736}{\eta x FP} \quad (kVA)$$

$$P_{em} = \frac{P(CV)x0{,}736}{\eta} \quad (kW)$$

$$D_m = N_m . P_{em} . F_u \quad (kVA)$$

$$D_{max} = D_m . F_s \quad (kVA)$$

P_{em} - potência no eixo do motor
F_u - Fator de utilização do motor
D_m - Demanda solicitada da rede de energia
D_{max} - Demanda máxima

$$D_{lflu} = \frac{1{,}8.\sum N_l.\left(P_l + \frac{Pr}{Fp}\right)}{1000} \quad (kVA)$$

Obs. O fator de multiplicação de 1,8 é recomendável para compensar a perda nos reatores.

$$D_{linc} = \frac{P_l.P}{1000} \quad (kVA)$$

D_{lflu} - Demanda final do sistema de iluminação

Exemplo:

Equações no quadro.

Tabelas:

Fatores de simultaneidade

Aparelhos (cv)	Número de Aparelhos							
	2	4	5	8	10	15	20	50
Motores: 3/4 a 2,5	0,85	0,80	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,40
Motores: 3 a 15	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
Acima 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	-	-	-	-	-	-

Aparelhos	Fator de utilização
Fornos a resistência	1,00
Secadores, caldeiras, etc.	1,00
Fornos de indução	1,00
Motores de ¾ a 2,5 CV	0,70
Motores de 3 a 15 CV	0,83
Motores de 20 a 40 CV	0,85
Motores acima de 40 CV	0,87
Soldadores	1,00
Retificadores	1,00

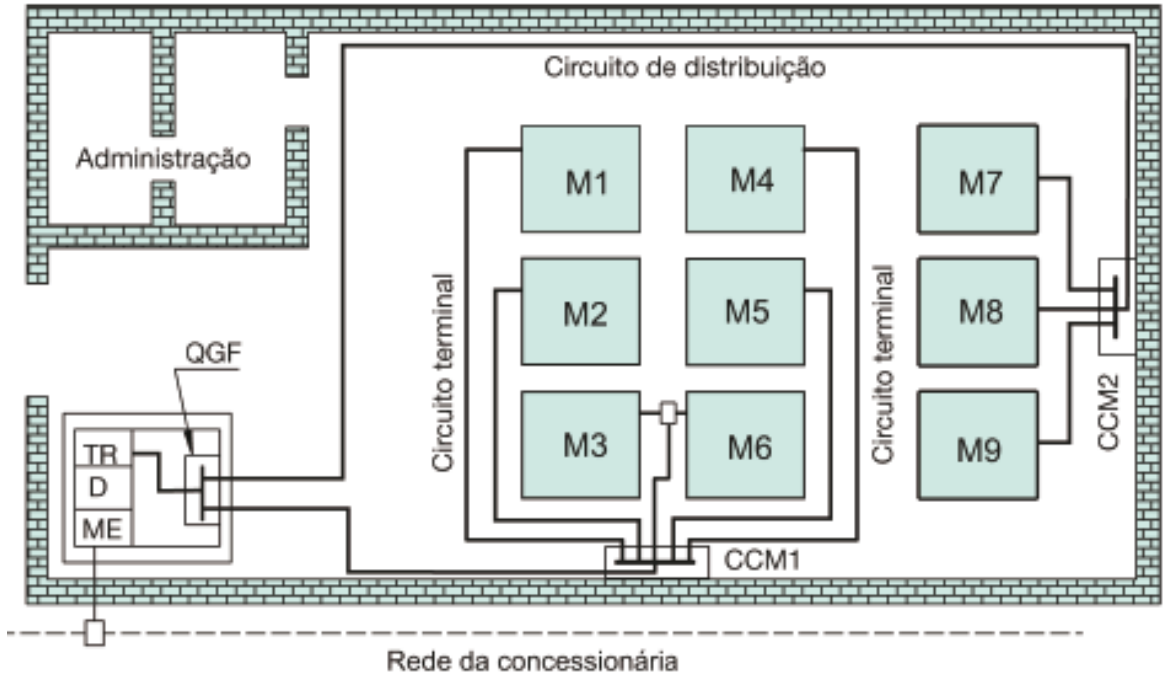
Exemplo:

Motores assíncronos trifásicos com rotor em curto-circuito

Potência Nominal	Potência Ativa	Corrente Nominal		Velocidade (rpm)	Fator de Potência	Relação Ip/In	Relação Cp/Cn	Conjugado Nominal	Rotor Bloqueado	Rendimento	Momento de Inércia
cv	kW	220 V	380 V				%	kgf · m	s	%	kg · m²
						II pólos					
1	0,7	3,3	1,9	3.440	0,76	6,2	180,0	0,208	7,1	0,81	0,0016
3	2,2	9,2	5,3	3.490	0,76	8,3	180,0	0,619	6,0	0,82	0,0023
5	4	13,7	7,9	3.490	0,83	9,0	180,0	1.020	6,0	0,83	0,0064
7,5	5,5	19,2	11,5	3.480	0,83	7,4	180,0	1.540	6,0	0,83	0,0104
10	7,5	28,6	16,2	3.475	0,85	6,7	180,0	2.050	6,0	0,83	0,0179
15	11	40,7	23,5	3.500	0,82	7,0	180,0	3.070	6,0	0,83	0,0229
20	15	64,0	35,5	3.540	0,73	6,8	250,0	3.970	6,0	0,83	0,0530
25	18,5	69,0	38,3	3.540	0,82	6,8	300,0	4.960	6,0	0,86	0,0620
30	22	73,0	40,5	3.535	0,88	6,3	170,0	5.960	6,0	0,89	0,2090
40	30	98,0	54,4	3.525	0,89	6,8	220,0	7.970	9,0	0,90	0,3200
50	37	120,0	66,6	3.540	0,89	6,8	190,0	9.920	10,0	0,91	0,3330
60	45	146,0	81,0	3.545	0,89	6,5	160,0	11.880	18,0	0,91	0,4440
75	55	178,0	98,8	3.550	0,89	6,9	170,0	14.840	16,0	0,92	0,4800
100	75	240,0	133,2	3.560	0,90	6,8	140,0	19.720	11,0	0,93	0,6100
125	90	284,0	158,7	3.570	0,90	6,5	150,0	24.590	8,9	0,93	1,2200
150	110	344,0	190,9	3.575	0,90	6,8	160,0	29.460	27,0	0,93	1,2700
						IV pólos					
1	0,7	3,8	2,2	1.715	0,65	5,7	200,0	0,420	6,0	0,81	0,0016
3	2,2	9,5	5,5	1.720	0,73	6,6	200,0	1,230	6,0	0,82	0,0080
5	4	13,7	7,9	1.720	0,83	7,0	200,0	2,070	6,0	0,83	0,0091
7,5	5,5	20,6	11,9	1.735	0,81	7,0	200,0	3,100	6,0	0,84	0,0177
10	7,5	26,6	15,4	1.740	0,85	6,6	190,0	4,110	8,3	0,86	0,0328
15	11	45,0	26,0	1.760	0,75	7,8	195,0	6,120	8,1	0,86	0,0433
20	15	52,0	28,8	1.760	0,86	6,8	220,0	7,980	7,0	0,88	0,0900
25	18,5	64,0	35,5	1.760	0,84	6,7	230,0	9,970	6,0	0,90	0,1010
30	22	78,0	43,3	1.760	0,83	6,8	235,0	11,970	9,0	0,90	0,2630
40	30	102,0	56,6	1.760	0,85	6,7	215,0	15,960	10,0	0,91	0,4050
50	37	124,0	68,8	1.760	0,86	6,4	300,0	19,950	12,0	0,92	0,4440
60	45	150,0	83,3	1.765	0,86	6,7	195,0	23,870	12,0	0,92	0,7900
75	55	182,0	101,1	1.770	0,86	6,8	200,0	29,750	15,0	0,92	0,9000
100	75	244,0	135,4	1.770	0,87	6,7	200,0	39,670	8,3	0,92	1,0600
125	90	290,0	160,9	1.780	0,87	6,5	250,0	49,310	14,0	0,94	2,1000
150	110	350,0	194,2	1.780	0,87	6,8	270,0	59,170	13,0	0,95	2,5100
180	132	420,0	233,1	1.785	0,87	6,5	230,0	70,810	11,0	0,95	2,7300
200	150	470,0	271,2	1.785	0,87	6,9	230,0	80,000	17,0	0,95	2,9300
220	160	510,0	283,0	1.785	0,87	6,5	250,0	86,550	15,0	0,95	3,1200
250	185	590,0	327,4	1.785	0,87	6,8	240,0	95,350	15,0	0,95	3,6900
300	220	694,0	383,2	1.785	0,88	6,8	210,0	118,020	24,0	0,96	6,6600
380	280	864,0	479,5	1.785	0,89	6,9	210,0	149,090	25,0	0,96	7,4000
475	355	1.100,0	610,5	1.788	0,89	7,6	220,0	186,550	26,0	0,96	9,1000
600	450	1.384,0	768,1	1.790	0,89	7,8	220,0	265,370	29,0	0,96	12,1000

1.10 Exercícios como exemplos:

Exercício 1.1



1.10 Exercícios como exemplos:

Considere ainda que a indústria possui o seguinte esquema de funcionamento em um período de 24hs diárias:

1. Os motores M1 e M2 operam o tempo todo simultaneamente (24 horas);

2. Os motores M3 e M6 trabalham em horários alternados, portanto nunca operam simultaneamente. Considere um dia típico em que o motor M3 seja acionado primeiro e opere entre 0:00 e 4:00 horas enquanto o motor M6 entre 4:00 e 8:00 horas. O ciclo se repete para as horas restantes do período.

3. Os motores M4 e M5 operam simultaneamente entre 0:00 e 7:00 horas.

4. Os motores M7 e M8 operam simultaneamente entre 7:00 e 16:00 horas enquanto o motor M9 opera o tempo todo ou as 24 horas.

Pede-se:

a) As demandas do CCM1, CCM2 e QGF;

b) O esboço da curva de carga da indústria;

c) A demanda média e o fator de carga;

d) A potência nominal do(s) transformador(es) da subestação;

http://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_transformadores.asp

									Demanda		
Motores	*Vnm (V)*	*Potência Nominal (cv)*	*Pólos*	*FP*	*η*	*FU*	*FS*	*CV (kW)*	*kVA*	*kW*	*kVAr*
M1	380	100	II								
M2	380	100	II								
M3	380	220	IV								
M4	380	60	II								
M5	380	60	II								
M6	380	220	IV								
M7	380	40	IV								
M8	380	40	IV								
M9	380	40	IV								

1.10 Exercícios como exemplos:

									Demanda		
Motores	***Vnm (V)***	***Potência Nominal (cv)***	***Pólos***	***FP***	**η**	***FU***	***FS***	***CV (kW)***	***kVA***	***kW***	***kVAr***
M1	380	100	II	0,9	0,93	0,87	0,7	0,736	54	48	23
M2	380	100	II	0,9	0,93	0,87	0,7	0,736	54	48	23
M3	380	220	IV	0,87	0,95	0,87	0,7	0,736	119	104	59
M4	380	60	II	0,89	0,91	0,87	0,7	0,736	33	30	15
M5	380	60	II	0,89	0,91	0,87	0,7	0,736	33	30	15
M6	380	220	IV	0,87	0,95	0,87	0,7	0,736	119	104	59
M7	380	40	IV	0,85	0,91	0,85	0,8	0,736	26	22	14
M8	380	40	IV	0,85	0,91	0,85	0,8	0,736	26	22	14
M9	380	40	IV	0,85	0,91	0,85	0,8	0,736	26	22	14

1.10 Exercícios como exemplos:

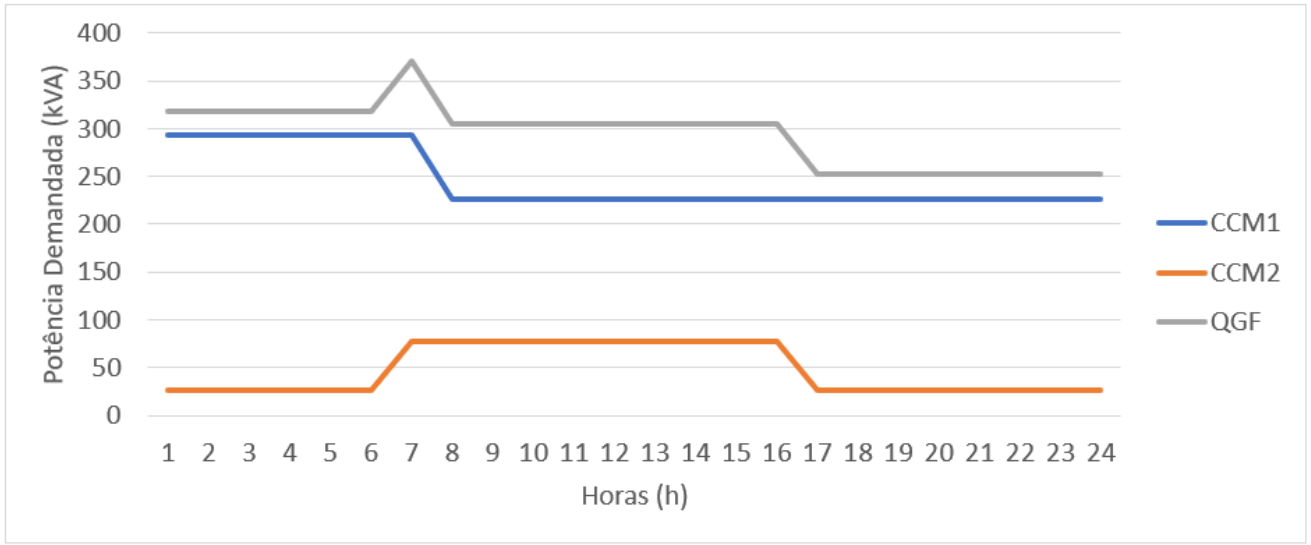
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
M1	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
M2	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
M3	119	119	119	119					119	119	119	119					119	119	119	119				
M4	33	33	33	33	33	33	33																	
M5	33	33	33	33	33	33	33																	
M6					119	119	119	119					119	119	119	119					119	119	119	119
CCM1	**293**	**293**	**293**	**293**	**293**	**293**	**293**	**226**	**226**	**226**	**226**	**226**	**226**	**226**	**226**	**226**	**226**	**226**	**226**	**226**	**226**	**226**	**226**	**226**

Dmax	293
Dmed	246
FC	0,8

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
M7							26	26	26	26	26	26	26	26	26	26								
M8							26	26	26	26	26	26	26	26	26	26								
M9	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
CCM2	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**

Dmax	78
Dmed	48
FC	0,6

1.10 Exercícios como exemplos:



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
QGF	319	319	319	319	319	319	371	304	304	304	304	304	304	304	304	304	252	252	252	252	252	252	252	252

Dmax	371
Dmed	293
FC	0,8

CCM1	293	293	293	293	293	293	293	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226
CCM2	26	26	26	26	26	26	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	26	26	26	26	26	26	26	26
QGF	319	319	319	319	319	319	371	304	304	304	304	304	304	304	304	304	252	252	252	252	252	252	252	252

1.10 Exercícios como exemplos:

Melhorando o **FC** da indústria no **QGF**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
M7							26	26	26	26	26	26	26	26	26	26								
M8							26	26	26	26	26	26	26	26	26	26								
M9	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
CCM2	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**

Dmax	78
Dmed	48
FC	0,6

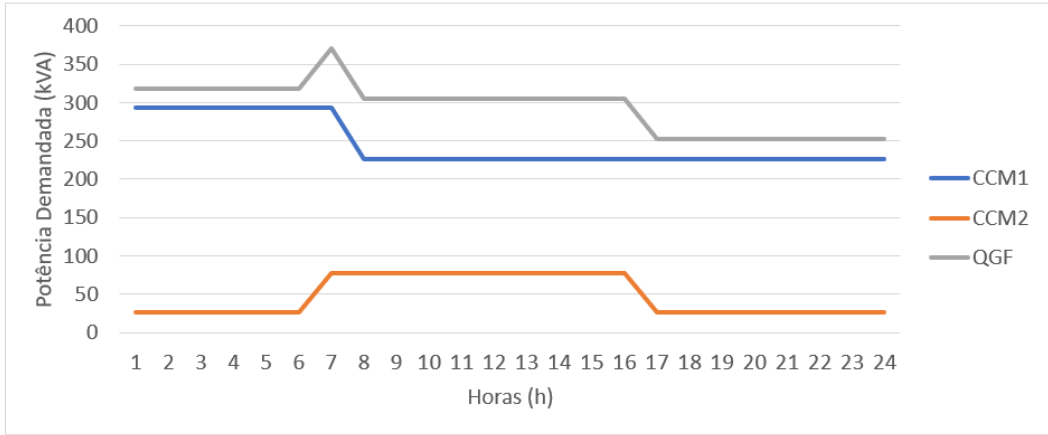
Proposta CCM2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
M7								26	26	26	26	26	26	26	26	26	26							
M8								26	26	26	26	26	26	26	26	26	26							
M9	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
CCM2	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**78**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**	**26**

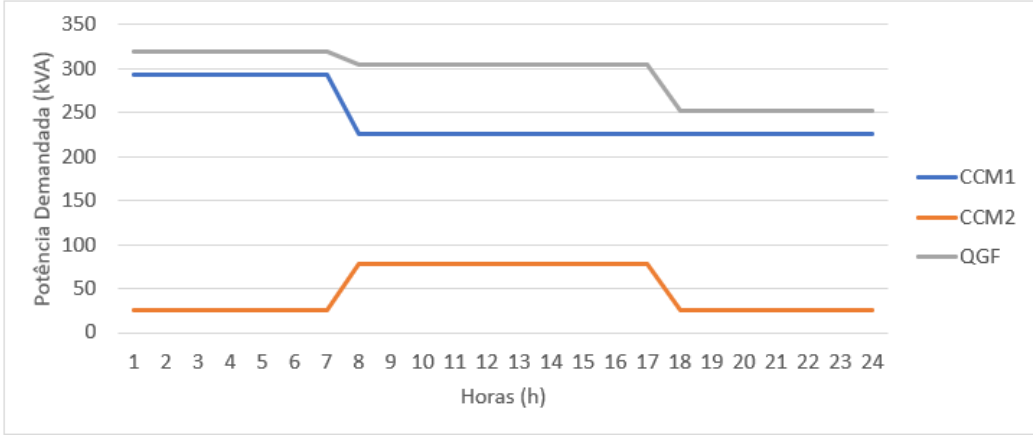
Dmax	78
Dmed	48
FC	0,61

1.10 Exercícios como exemplos:

Melhorando o **FC** da indústria no **QGF**



Proposta CCM2



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
QGF	319	319	319	319	319	319	319	304	304	304	304	304	304	304	304	304	304	252	252	252	252	252	252	252
Dmax	319																							
Dmed	293																							
FC	0,92																							

1.10 Exercícios como exemplos:

A potência nominal do(s) transformador(es) da subestação;

http://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_transformadores.asp