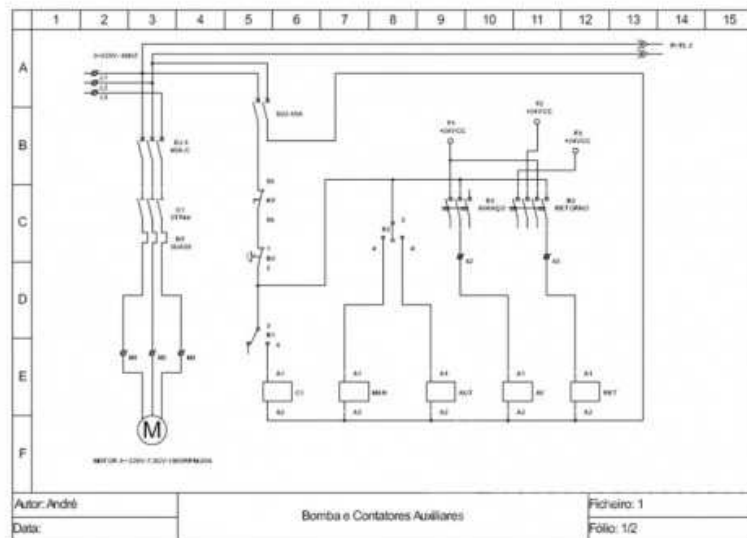


Instalações Elétricas Industriais



Professor: Fábio Bertequini Leão

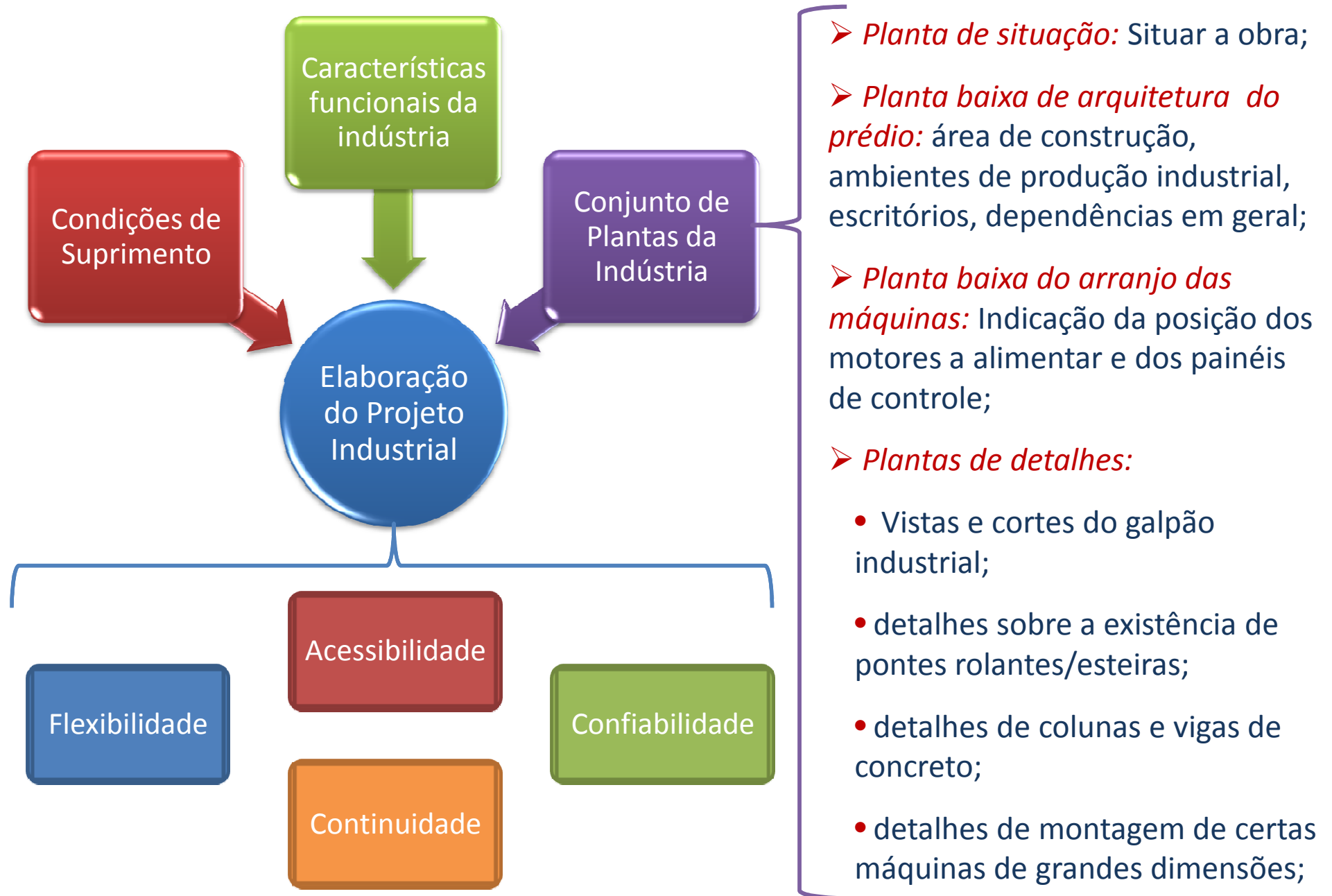
Programa de Ensino – ELE 1093

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Roteiro para elaboração de um Projeto Elétrico Industrial:

- 1. Planejamento;**
2. Projeto Luminotécnico;
- 3. Determinação dos condutores (CCMs, QDL, QGF, circuitos terminais, etc.);**
- 4. Determinação e Correção do Fator de Potência;**
- 5. Determinação das correntes de Curto-Circuito;**
6. Determinação dos valores de Partida dos Motores;
- 7. Determinação dos Dispositivos de Proteção e Comando;**
8. Cálculo da Malha de Terra;
9. Diagrama Unifilar;
10. Memorial Descritivo (finalidade, carga prevista e demanda adotada, tipo de subestação, características dos equipamentos utilizados na proteção, comando, transformadores, cabos, etc., memorial de cálculo, relação completa de material e custo orçamentário).

1 - Elementos de Projeto - Introdução



1 - Elementos de Projeto – Normas recomendadas

➤ ABNT – NBR 5410 – 2004: Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

- Baseada na norma internacional IEC 60364, aplicada em todas as instalações elétricas cuja tensão nominal é igual ou inferior a 1000 V CA ou 1500 V CC.

- A norma abrange os seguintes tipos de instalação de baixa tensão:

1. Edificações residenciais e comerciais, em geral;
2. Estabelecimentos institucionais e de uso público;
3. Estabelecimentos industriais;
4. Estabelecimentos agropecuários e hortigranjeiros;
5. Edificações pré-fabricadas;
6. Reboques de acampamento (trailers), locais de acampamento (campings), marinas e locais análogos;
7. Canteiro de obras, feiras, exposições e outras instalações temporárias;

Obs: Complementada pelas normas NBR 13570 – Instalações Elétricas em Locais de Afluência de Público: Requisitos Específicos e NBR 13534 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Requisitos Específicos para Instalação em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde e NR10 – do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

1 - Elementos de Projeto – Dados para Elaboração do Projeto

➤ Condições de Fornecimento de Energia Elétrica (responsabilidade da Concessionária):

- Garantia de suprimento de carga dentro de condições satisfatórias;
- Variação da tensão de suprimento;
- Tensão de fornecimento;
- Tipo de sistema de suprimento: radial, radial com recurso;
- Capacidade de curto-circuito atual e futuro do sistema;
- Impedância reduzida no ponto de suprimento.

Prodist_Módulo 8 – pg. 30

➤ Características das Cargas:

- 1. Motores:** potência, tensão, corrente, frequência, número de polos, número de fases, ligações possíveis, regime de funcionamento;
- 2. Fornos a arco:** potência do forno, potência e curto-circuito do forno, potência do transformador do forno, tensão, frequência, fator de severidade;
- 3. Outras cargas:** máquinas acionadas por sistemas computadorizados com variação de tensão mínima, aparelhos de raio X industrial, e outras cargas tidas como especiais devem merecer estudo particularizado por parte do projetista.

1 - Elementos de Projeto – Concepção do Projeto

➤ Divisão da Carga em Blocos:

- Cada bloco de carga deve corresponder a um quadro de distribuição terminal com alimentação e proteção individualizadas;
- A escolha dos blocos é feita considerando-se os setores individuais de produção, bem como a grandeza de cada carga (queda de tensão);
- Exemplo: Indústria de fiação – batedores, filatórios, cardas, etc.

Planta exemplo_1

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

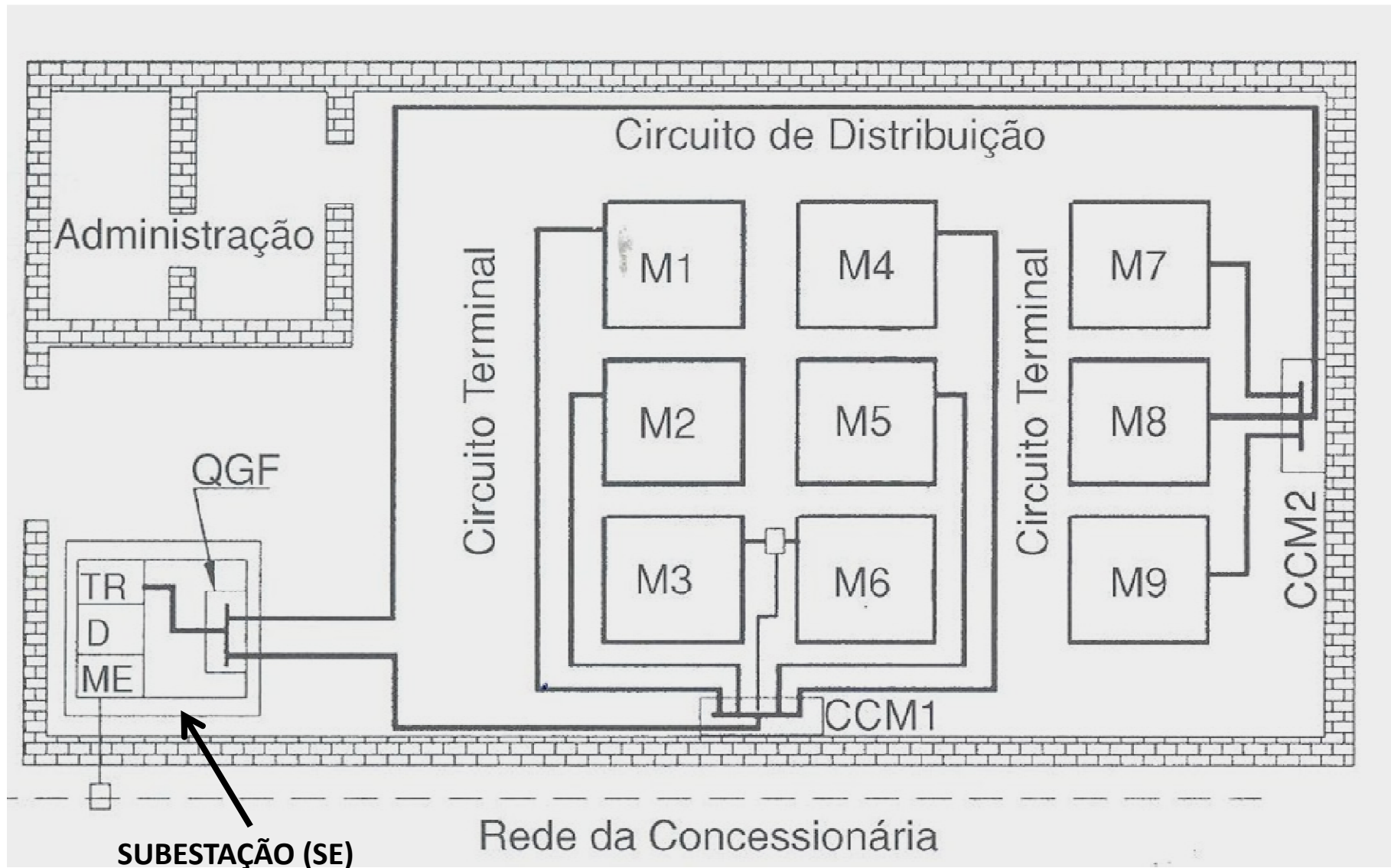
- No centro do conjunto de cargas;
- Próximo a linha de alimentação;
- Em locais de fácil acesso;
- Em locais com condições climáticas e físicas favoráveis.

➤ Localização do Quadro de Distribuição Geral (QGF):

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

1 - Elementos de Projeto – Concepção do Projeto

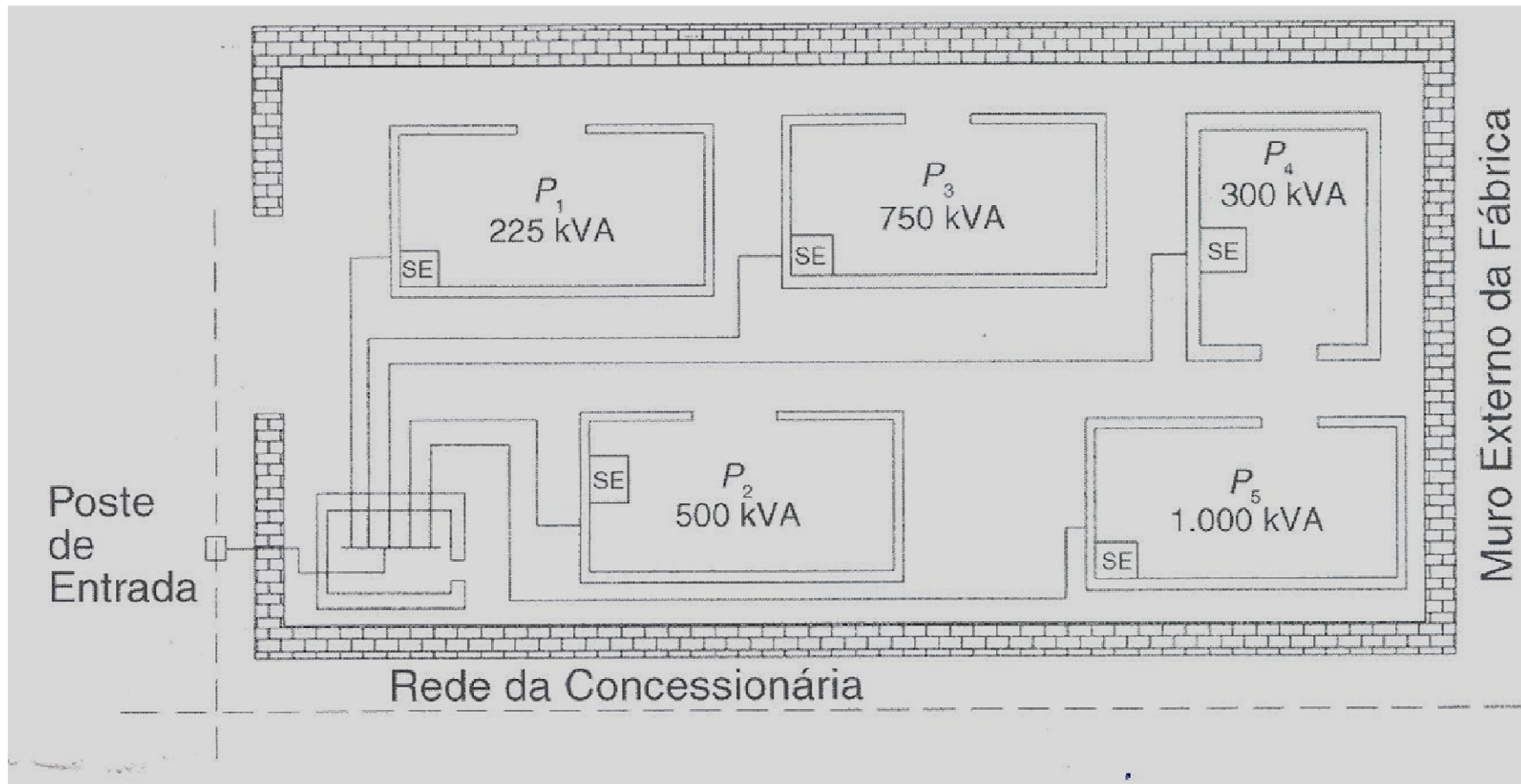
➤ Sistema Secundário de Distribuição (Indústria):



1 - Elementos de Projeto – Concepção do Projeto

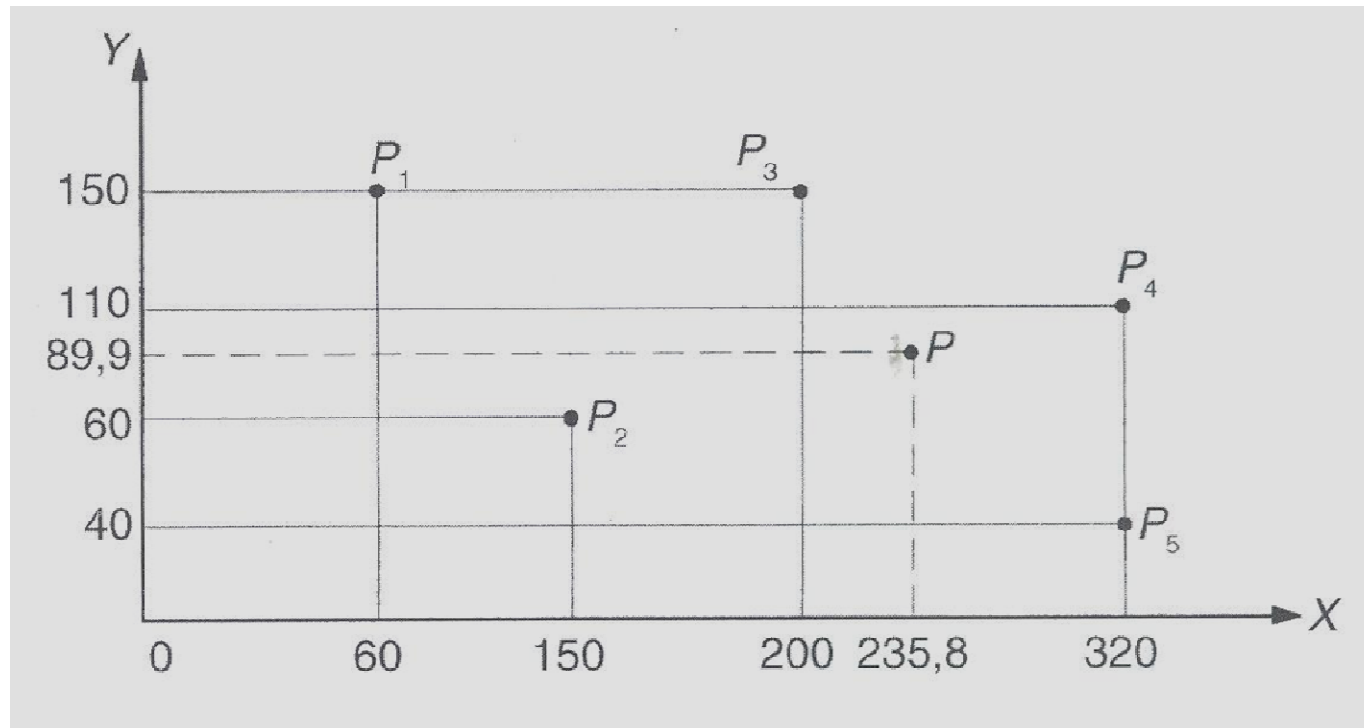
➤ Localização da Subestação (SE):

- Projetada em função do arranjo arquitetônico da construção, segurança e critérios técnicos (cálculo do centro de carga);



1 - Elementos de Projeto – Concepção do Projeto

➤ Cálculo da localização do centro de carga:

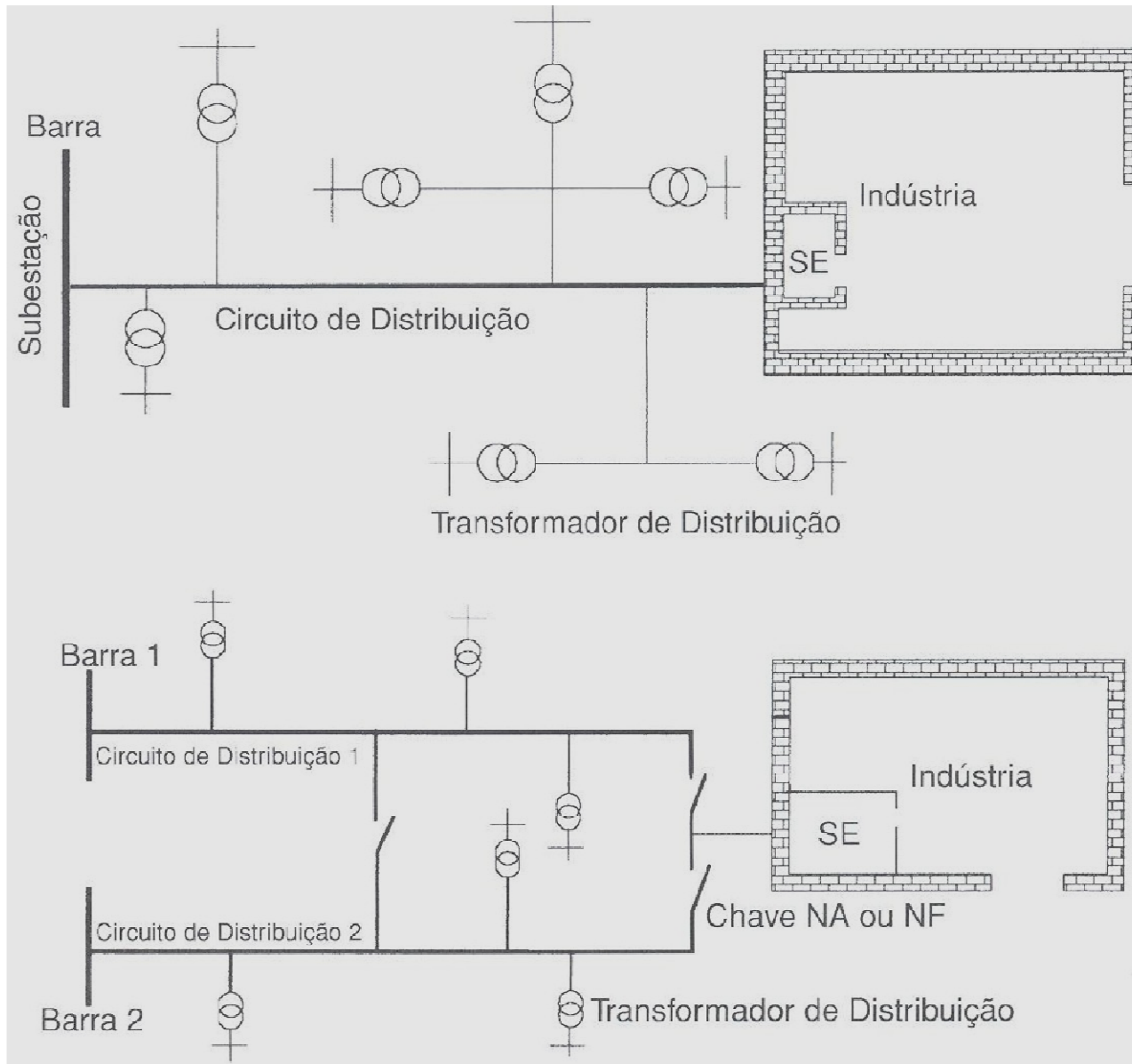


$$X = \frac{X_1 \times P_1 + X_2 \times P_2 + X_3 \times P_3 + X_4 \times P_4 + X_5 \times P_5}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5}$$

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

1 - Elementos de Projeto – Concepção do Projeto

➤ Sistema Primário de Suprimento (Rede de Distribuição):

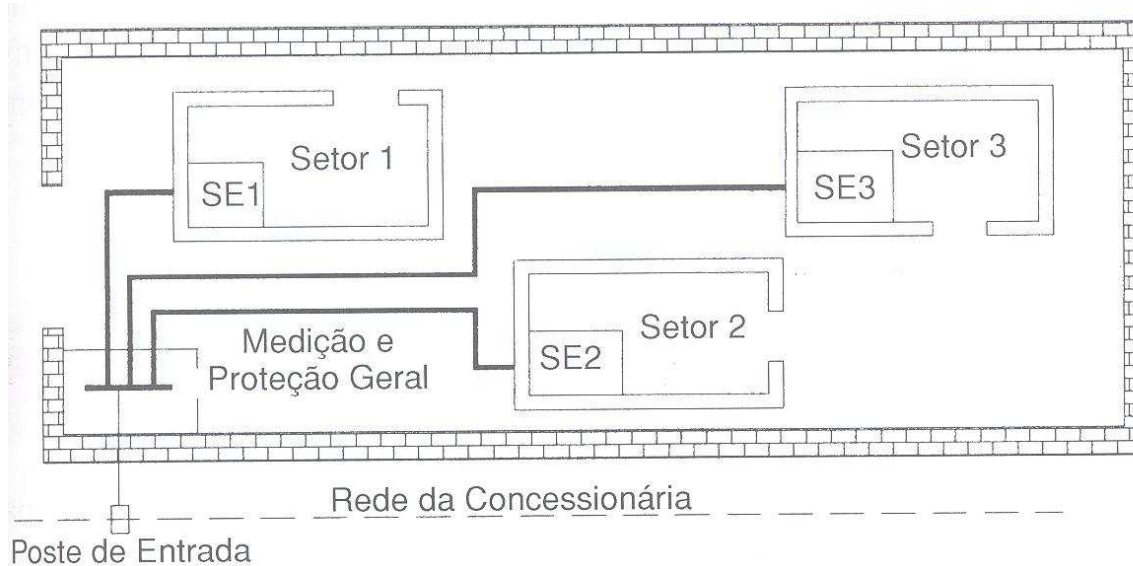


Radial Simple

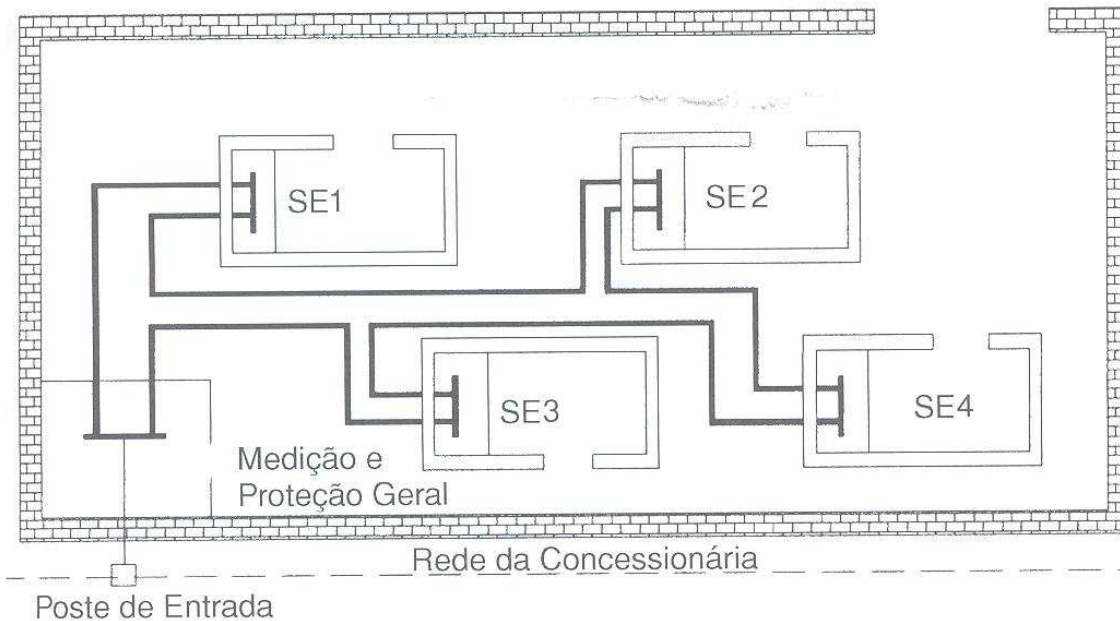
Radial com Recurso

1 - Elementos de Projeto – Concepção do Projeto

➤ Sistema Primário de Distribuição Interna (Indústria):



Radial Simples

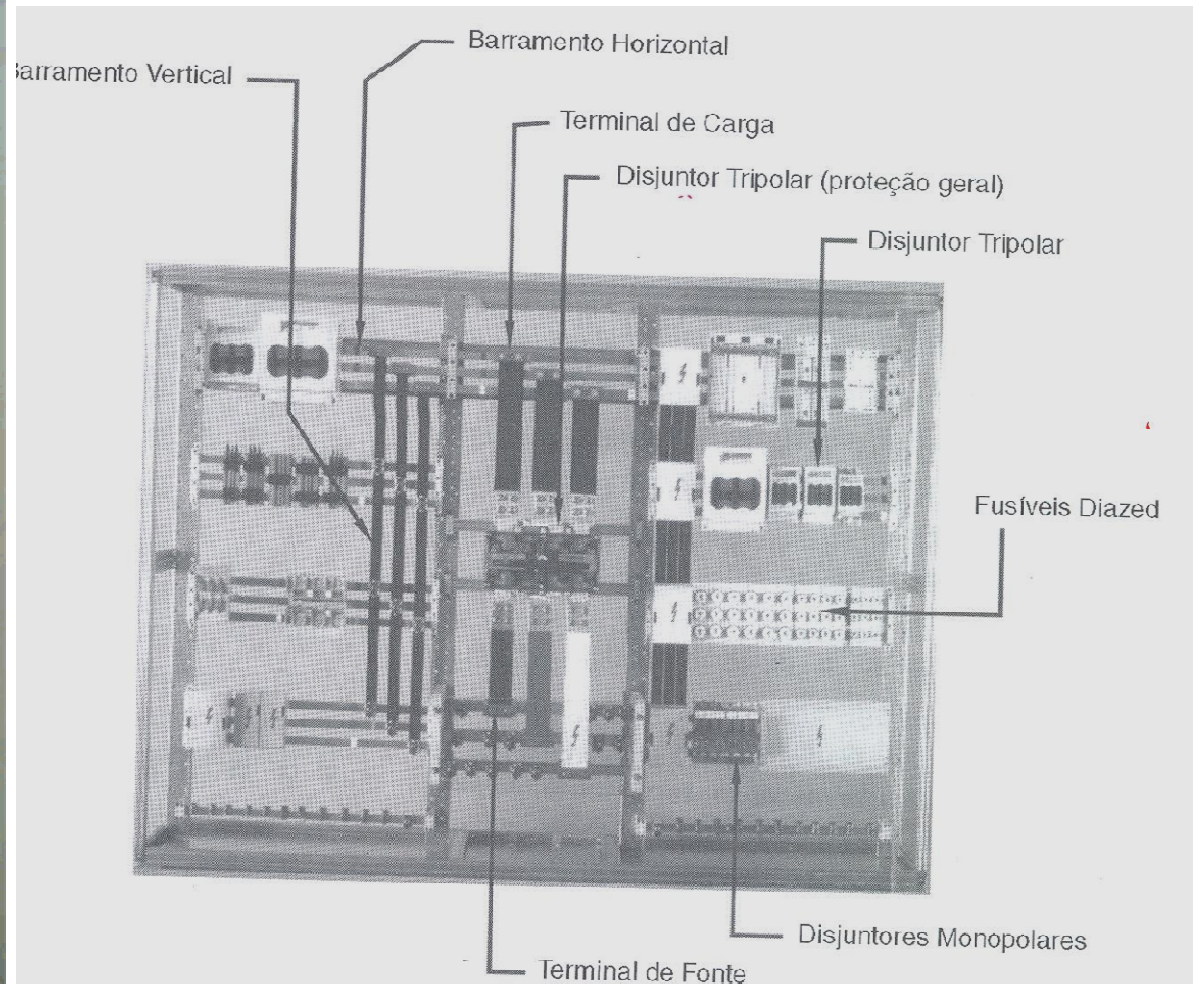
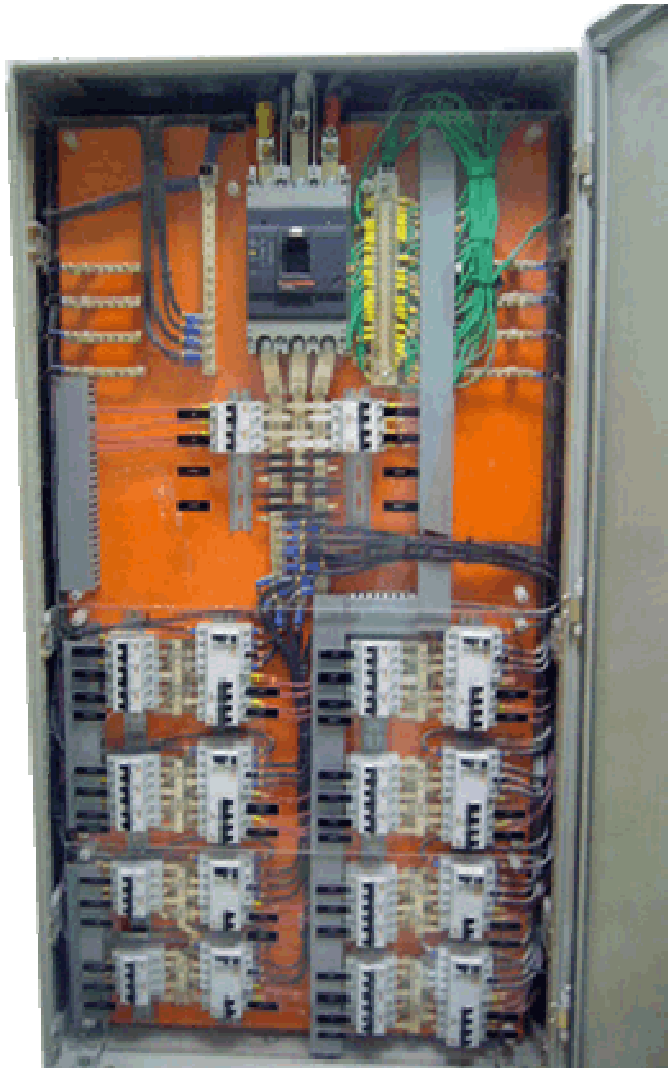


Radial com Recurso

1 - Elementos de Projeto – Concepção do Projeto

➤ Quadros de Distribuição (QGF, CCM, QDL):

- Devem ser construídos de modo a satisfazer as condições do ambiente em que serão instalados, apresentar bom acabamento, rigidez mecânica e disposição apropriada;



1 - Elementos de Projeto – Concepção do Projeto

➤ Deve-se prever circuito de reserva nos Quadros de Distribuição (QGF, CCM, QDL), de forma a satisfazer os seguintes critérios determinados pela NBR 5410:2004:

- Quadros de distribuição com até 6 circuitos: espaço para no mínimo 2 circuitos de reserva;
- Quadros de distribuição contendo de 7 a 12 circuitos: espaço para no mínimo 3 circuitos de reserva;
- Quadros de distribuição contendo de 13 a 30 circuitos: espaço para no mínimo 4 circuitos de reserva;
- Quadros de distribuição contendo acima de 30 circuitos: espaço reserva para uso no mínimo 15% dos circuitos existentes.

1 - Elementos de Projeto – Concepção do Projeto

➤ 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.;
- A norma IEC60529:2001 (Degrees of protection provided by enclosures) especifica 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 mm;

5-proteção contra acúmulo de poeira prejudicial ao equipamento;

6-proteção contra penetração de poeira.

b) Segundo Algarismo: Indica o grau de proteção quanto à 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;

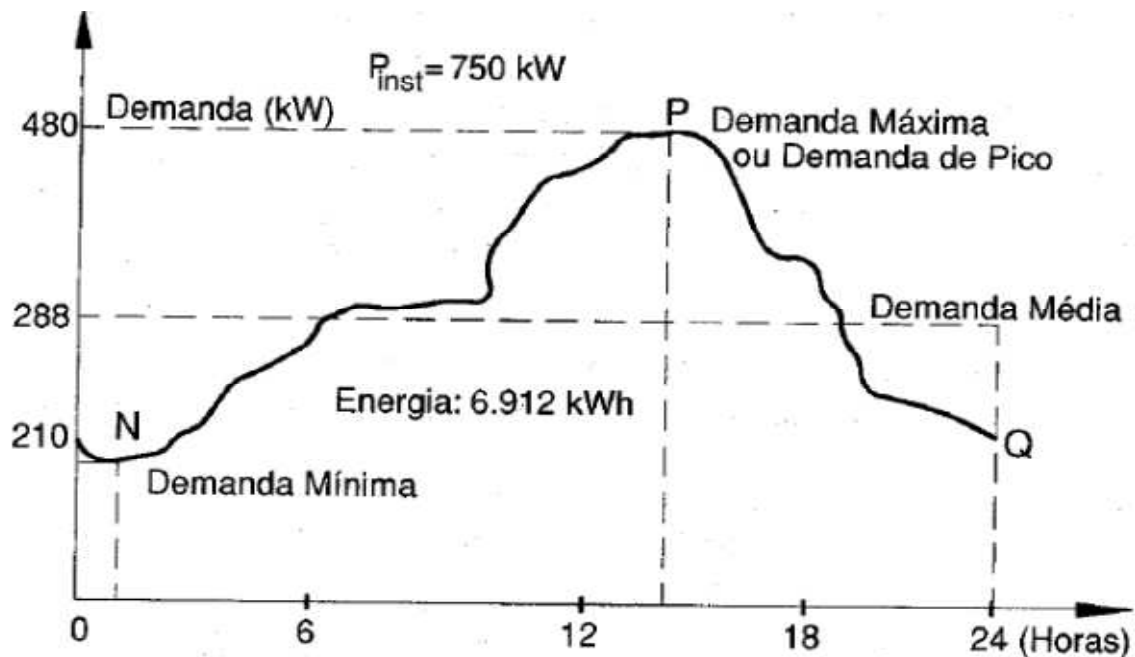
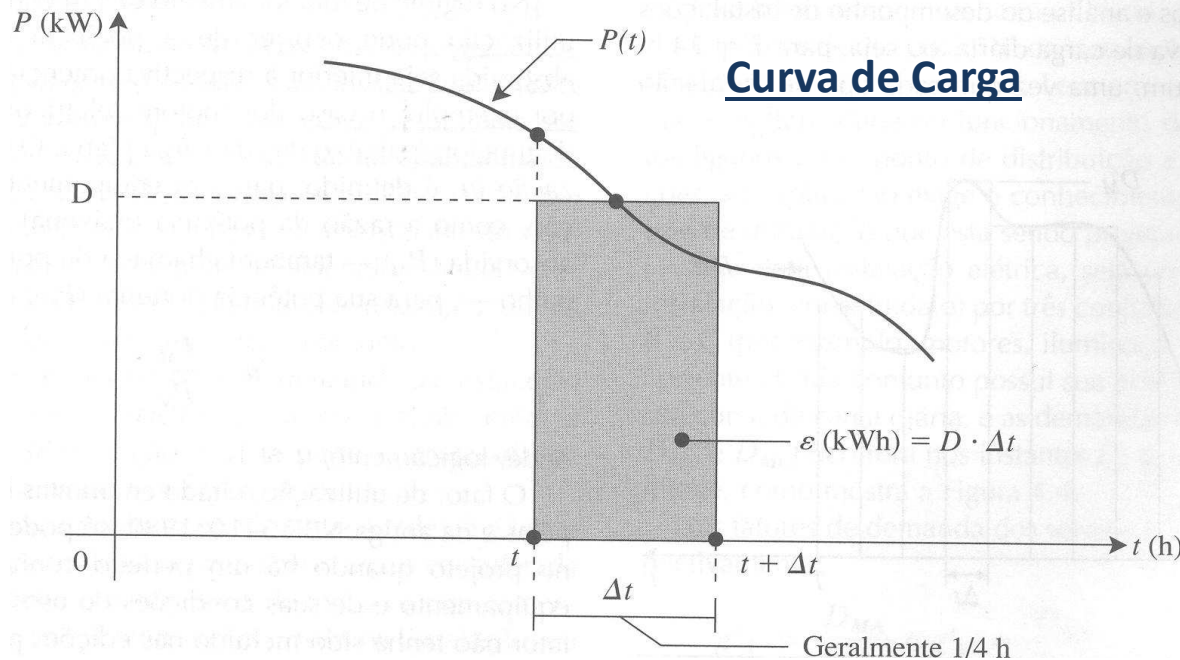
5-jatos de água em todas as direções;

6-imersão temporária;

7-imersão;

8-submersão.

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico



➤ Demanda e Energia:

$$D = \frac{1}{\Delta t} \int_t^{t+\Delta t} P(t) \cdot dt \text{ (kW)}$$

$$\varepsilon = D \cdot \Delta t = \int_t^{t+\Delta t} P(t) \cdot dt \text{ (kWh)}$$

➤ Fator de Demanda:

$$F_d = \frac{D_{\text{máx}}}{P_{\text{inst}}}$$

➤ Fd para agrupamento de motores:

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

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Fator de Carga diário:

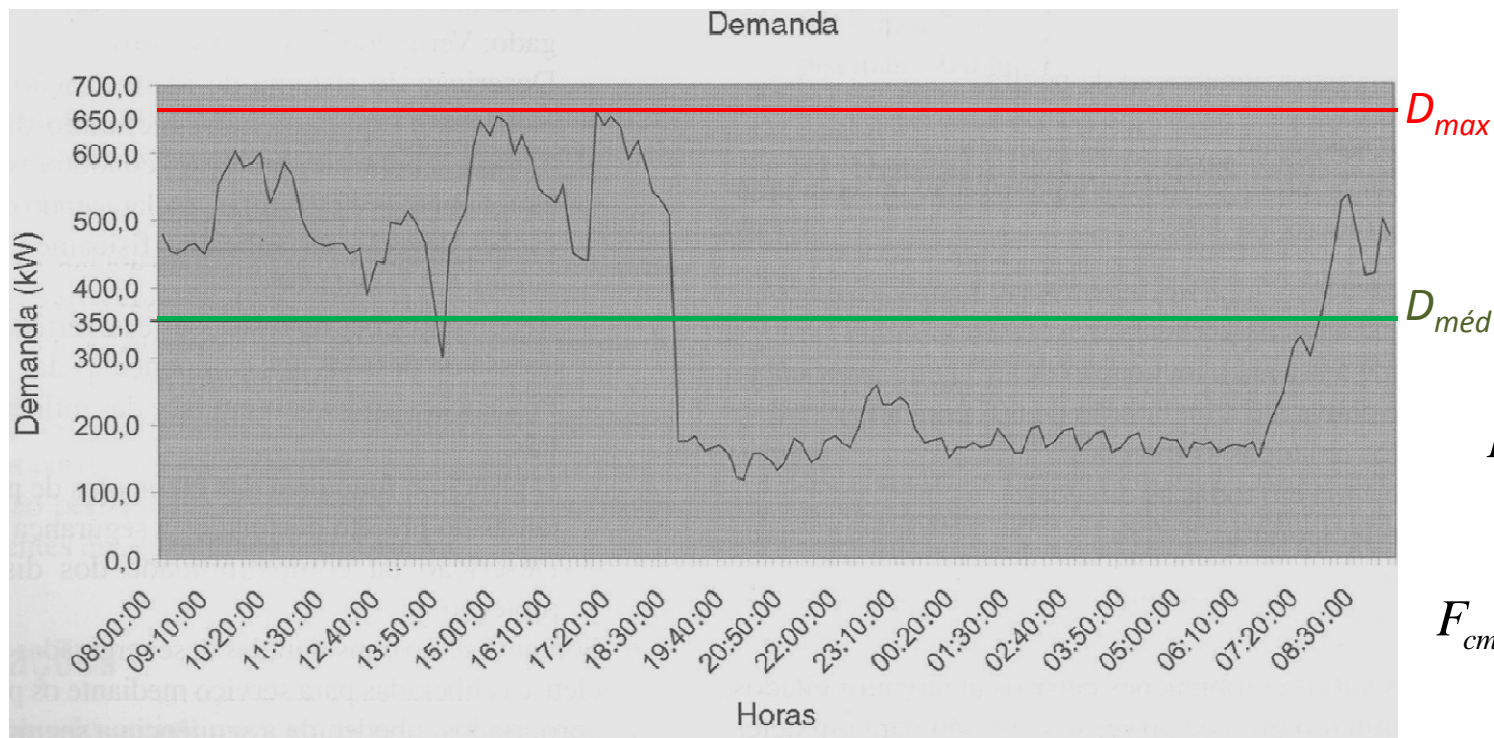
➤ Fator de Carga mensal:

$$F_{cd} = \frac{D_{\text{méd}}}{D_{\text{máx}}}$$

$$F_{cm} = \frac{C_{kWh}}{730 \cdot D_{\text{máx}}}$$

➤ Elevado Fator de Carga significa:

- ✓ Otimização dos investimentos da instalação elétrica;
- ✓ Aproveitamento racional e aumento da vida útil da instalação elétrica;
- ✓ Redução do valor da demanda de pico ($D_{\text{máx}}$).



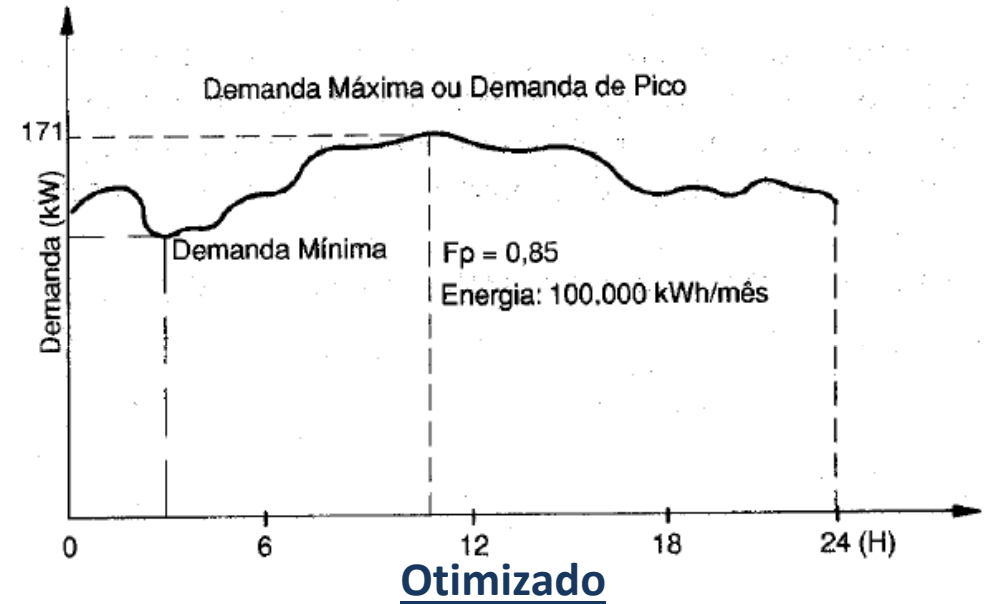
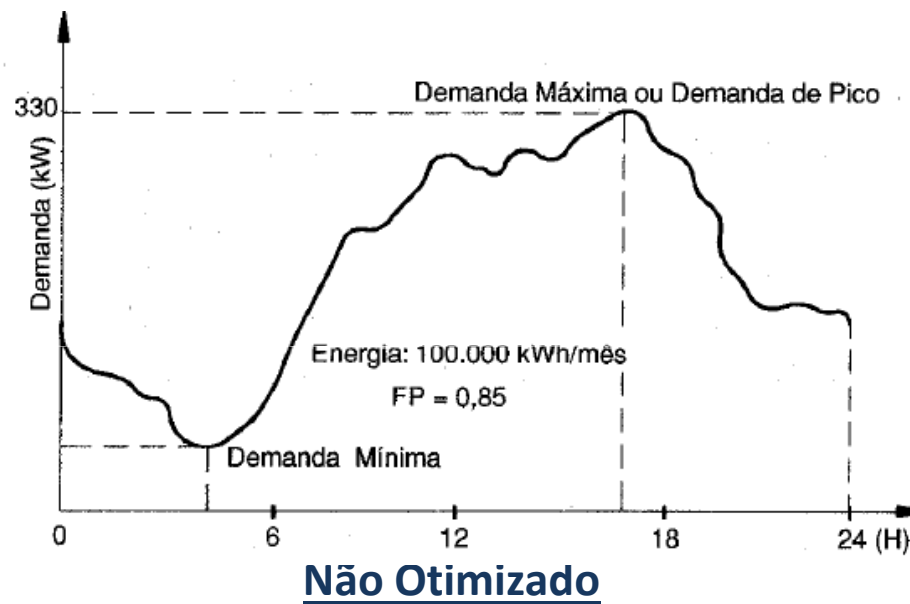
$$F_{cd} = \frac{350}{650} = 0,53$$

$$F_{cm} = \frac{189.990}{730 \cdot 650} = 0,40$$

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Otimização do uso da Energia através da melhoria do fator de carga:

- ✓ Conservar o consumo e reduzir a demanda;
- ✓ Conservar a demanda e aumentar o consumo.



➤ Outras formas:

- ✓ Controle automático da demanda (ar condicionado, estufas, fornos, câmaras frigoríficas);
- ✓ Reprogramação da operação das cargas (horários de operação de certas máquinas).

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ **Fator de Simultaneidade:** relação entre a demanda máxima do grupo de aparelhos pela soma das demandas individuais dos aparelhos do mesmo grupo num intervalo de tempo.

$$F_s = \frac{D_{\text{máx}}}{\sum_{i=1}^n D_{\text{máx}}^i} \quad \text{Fator de Simultaneidade}$$

$$F_{dv} = \frac{1}{F_s} \quad \text{Fator de Diversidade}$$

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 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	-	-	-	-	-	-

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ **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.

TABELA 1.3

Fatores de utilização

Aparelhos	Fator de Utilização
Fornos à resistência	1,00
Secadores, caldeiras etc.	1,00
Fornos de indução	1,00
Motores de 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

Nota: O fator de utilização, citado em muitas normas européias e na antiga NBR 5410:1980, só pode ser aplicado no projeto quando há perfeito conhecimento do equipamento e de suas condições de uso.

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Determinação da Demanda de Potência: (Industrial e Administrativa)

• Motores elétricos (demanda solicitada da rede por motor):

$$D_m = \frac{P_{eim} \cdot 0,736}{\eta \cdot Fp} \quad (kVA) \quad P_{eim} = P_n \cdot F_{um} \quad (cv)$$

P_{eim} : Potência no eixo do motor em (cv)

F_{um} : Fator de utilização do motor

η : Rendimento do motor

Fp : Fator de potência

• Iluminação:

$$D_{il} = \frac{F_m \cdot \sum N_l \cdot \left(P_l + \frac{P_r}{Fp} \right)}{1000} \quad (kVA)$$

F_m : Fator de multiplicação para compensar perdas do reator e harmônicas

N_l : Quantidade de cada tipo de lâmpada

P_l : Potência nominal da lâmpada

P_r : Perdas dos reatores

Fp : Fator de potência dos reatores