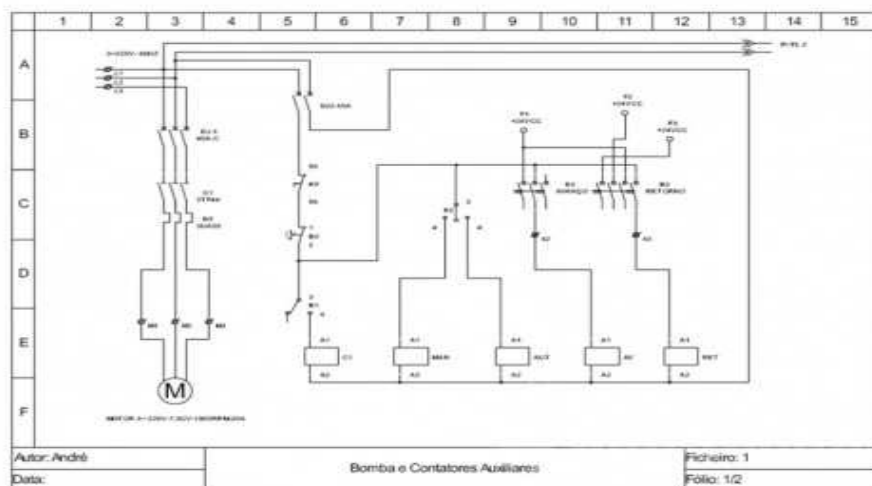


Instalações Elétricas Industriais



Professor: Fábio Bertequini Leão

[Programa de Ensino – ELE 1093](#)

Programa de Ensino

➤ Pré-Requisitos: ELE-1083 (ISEE) e ELE-1087 (Instalações Prediais)

➤ Avaliação:

$$\begin{array}{llll} MF = 0,8\bar{P} + 0,2\bar{L} & \text{se} & \bar{P}, \bar{L} \geq 5 & \text{ou} & \bar{P}, \bar{L} \leq 5 \\ MF = 0,8\bar{P} + 0,2\bar{L} & \text{se} & \bar{P} < 5 & \text{e} & \bar{L} \geq 5, \\ MF = 0,2\bar{P} + 0,8\bar{L} & \text{se} & \bar{P} \geq 5 & \text{e} & \bar{L} < 5. \end{array}$$

$$\bar{P} = \frac{P1 + P2}{2} \quad e \quad \bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^5 L_i + 5 \times NT_{\text{Projeto}}}{10}$$

- Se $MF < 5$ o aluno poderá fazer a substitutiva para substituir P1 ou P2 (toda matéria).

- Caso $MF < 5$ então o aluno poderá realizar o Exame Final. Neste caso a média final após o Exame Final (MFE) é dada por:

$$MFE = \frac{MF + NT_{\text{Exame}}}{2}$$

O conceito final é dado por:

- **Aprovado se $[MF \geq 5$ ou $MFE \geq 5]$ e $f \geq 70\%$;**
- **Reprovado se $f < 70\%$ ou $MFE < 5$;**

Conteúdo do Programa de Ensino

➤ Bibliografia:

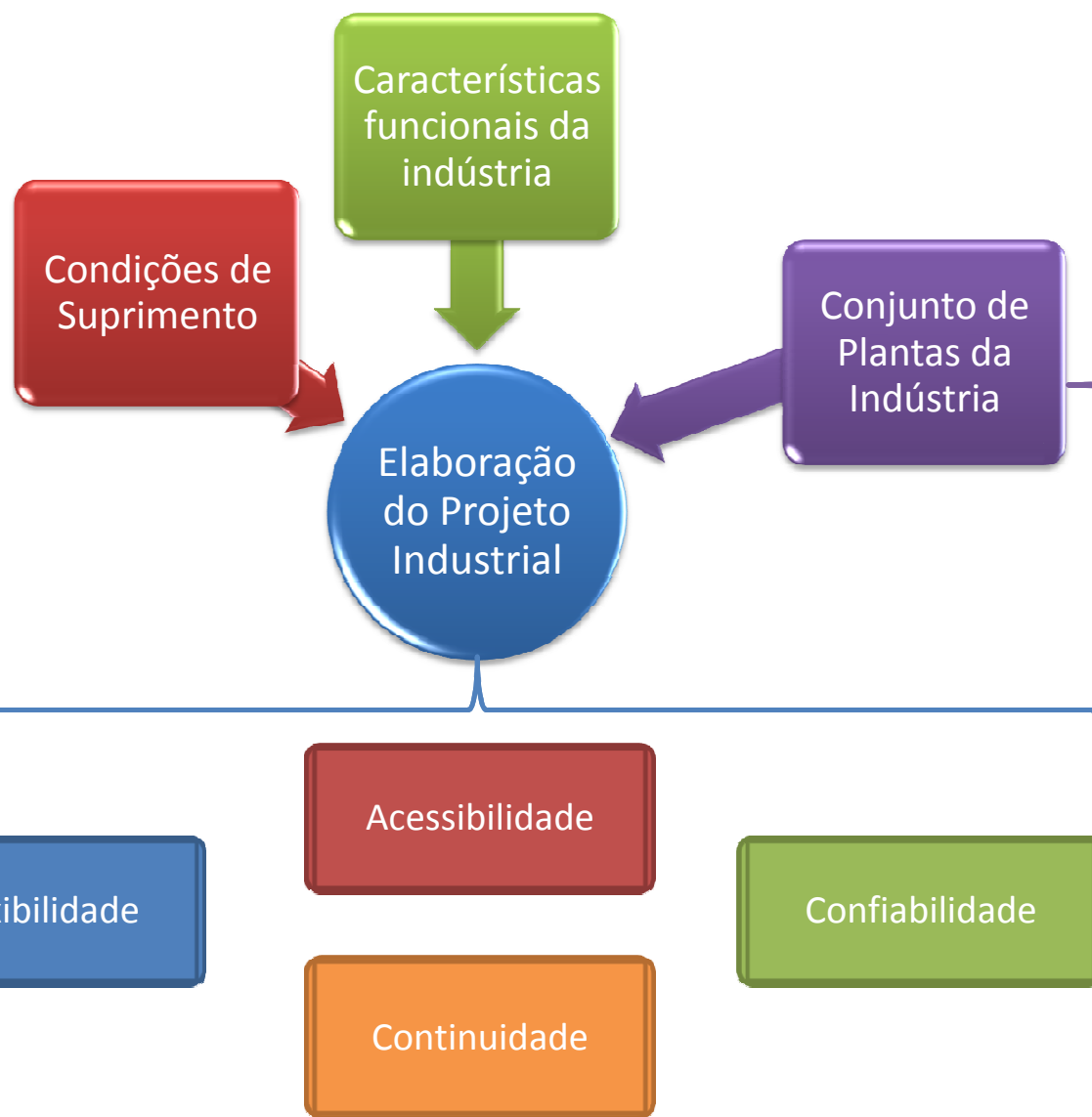
1. NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão – ABNT, 2004;
2. MAMEDE FILHO, J. Instalações Elétricas Industriais – LTC – 8a ed., 2012;
3. NISKIER, J. & MACINTYRE, A.J. Instalações Elétricas – LTC- 5a ed. 2008;
4. COTRIM, A.A.M.B. Instalações Elétricas – PEARSON – 5a ed. 2008.
5. Notas técnicas e resoluções da ANEEL.

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



- *Planta de situação:* Situar a obra;
- *Planta baixa de arquitetura do prédio:* área de construção, ambientes de produção industrial, escritórios, dependências em geral;
- *Planta baixa do arranjo das máquinas:* Indicação da posição dos motores a alimentar e dos painéis de controle;
- *Plantas de detalhes:*
 - Vistas e cortes do galpão industrial;
 - detalhes sobre a existência de pontes rolantes/esteiras;
 - detalhes de colunas e vigas de concreto;
 - detalhes de montagem de certas máquinas de grandes dimensões;

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.

Prodlist_Módulo 8

➤ 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;
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):

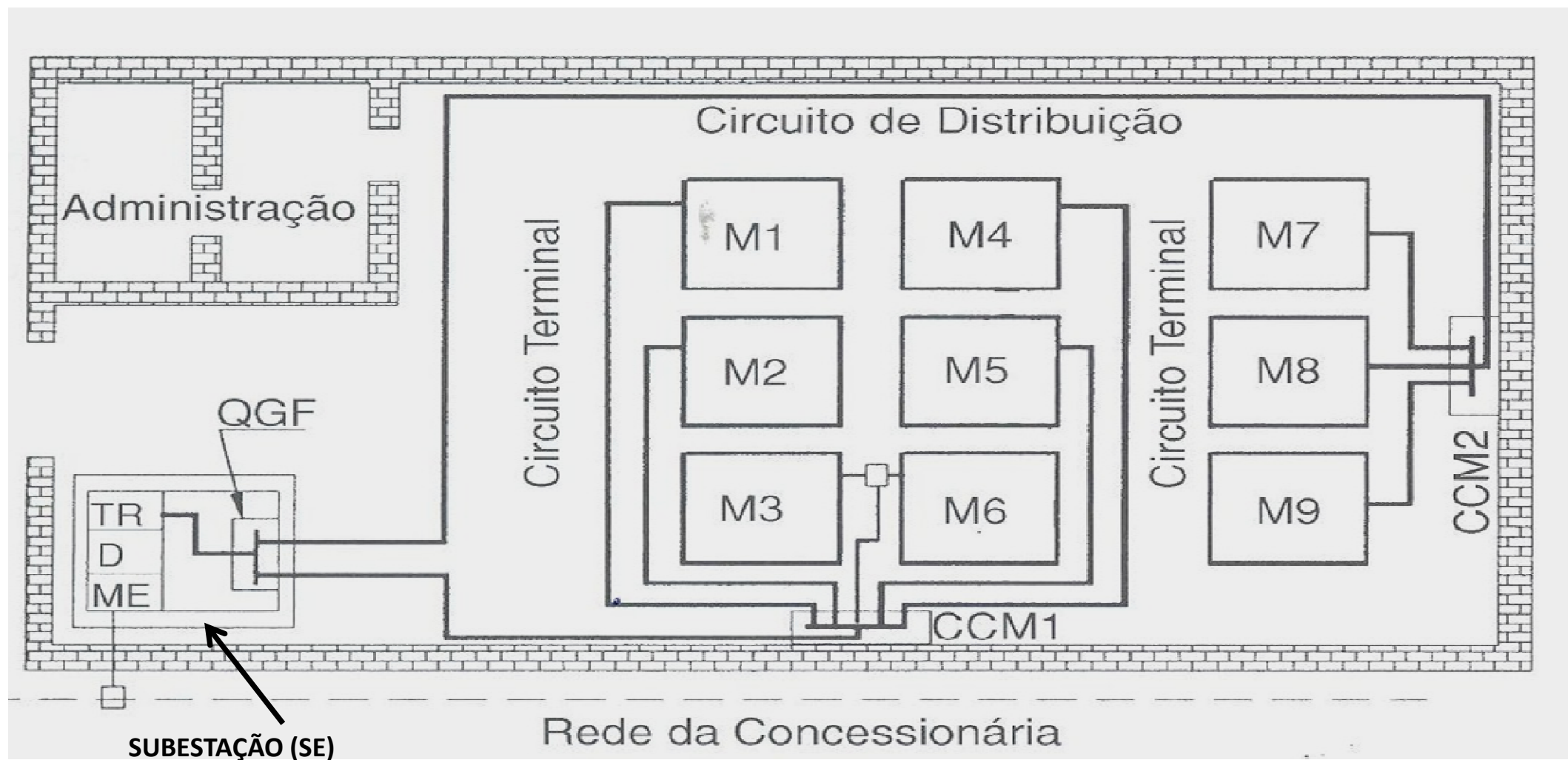
- No centro do conjunto de cargas;
- Próximo a linha de alimentação;
- Em locais de fácil acesso;
- Em locais com condições climáticas e físicas favoráveis.

➤ 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

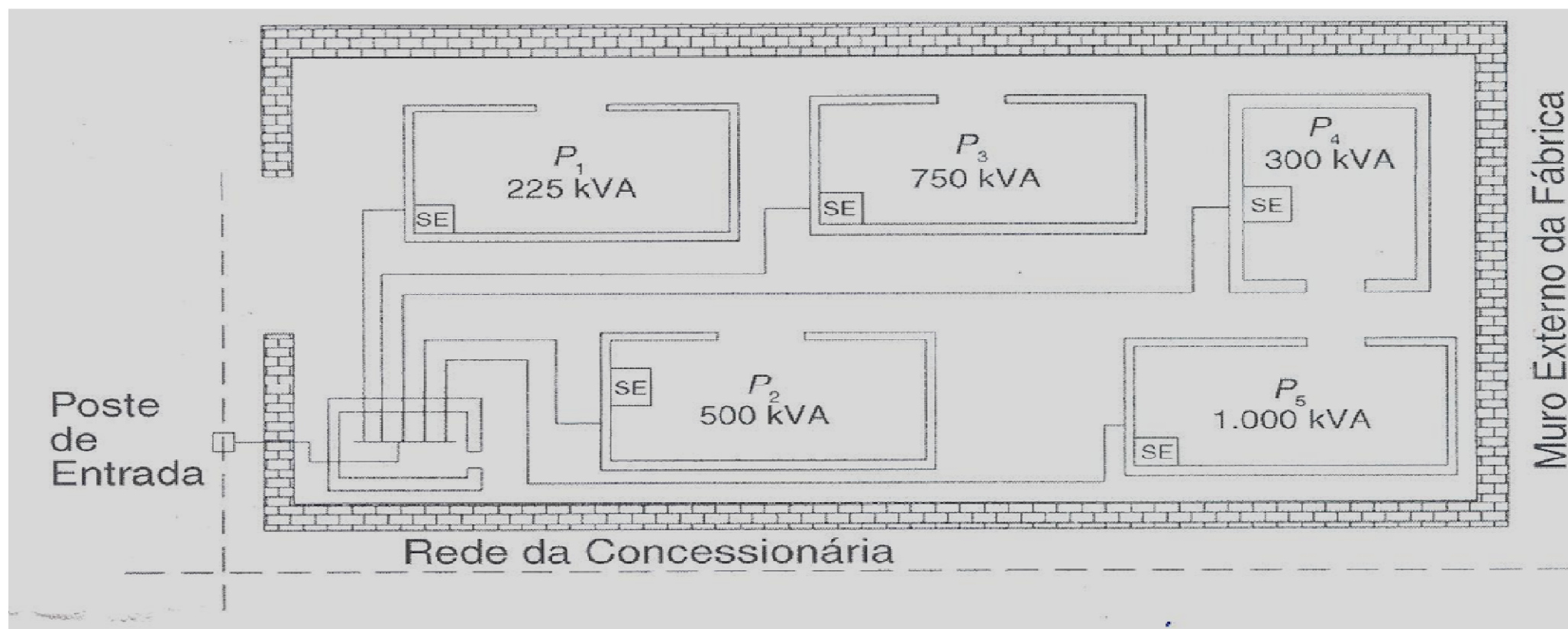
➤ Sistema Secundário de Distribuição (Indústria):



1 - Elementos de Projeto – Concepção do Projeto

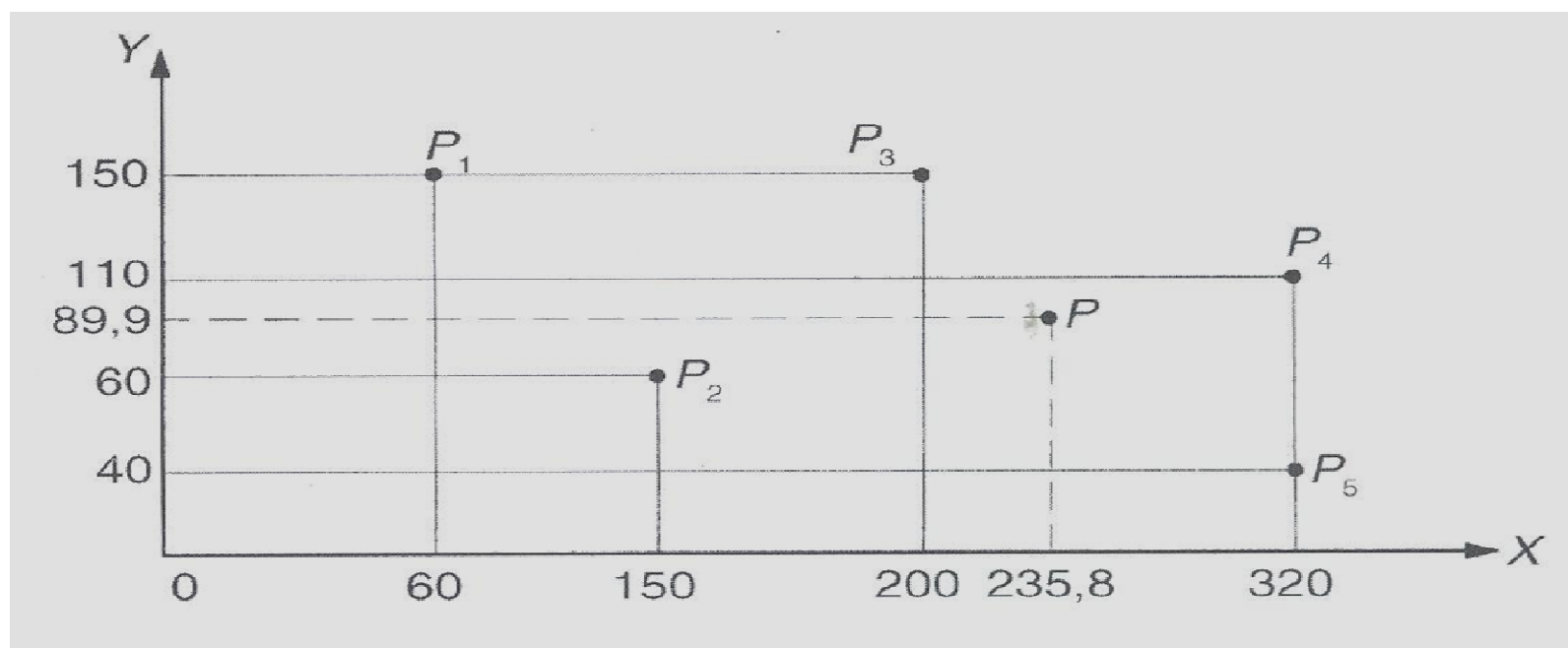
➤ Localização da Subestação (SE):

- 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:

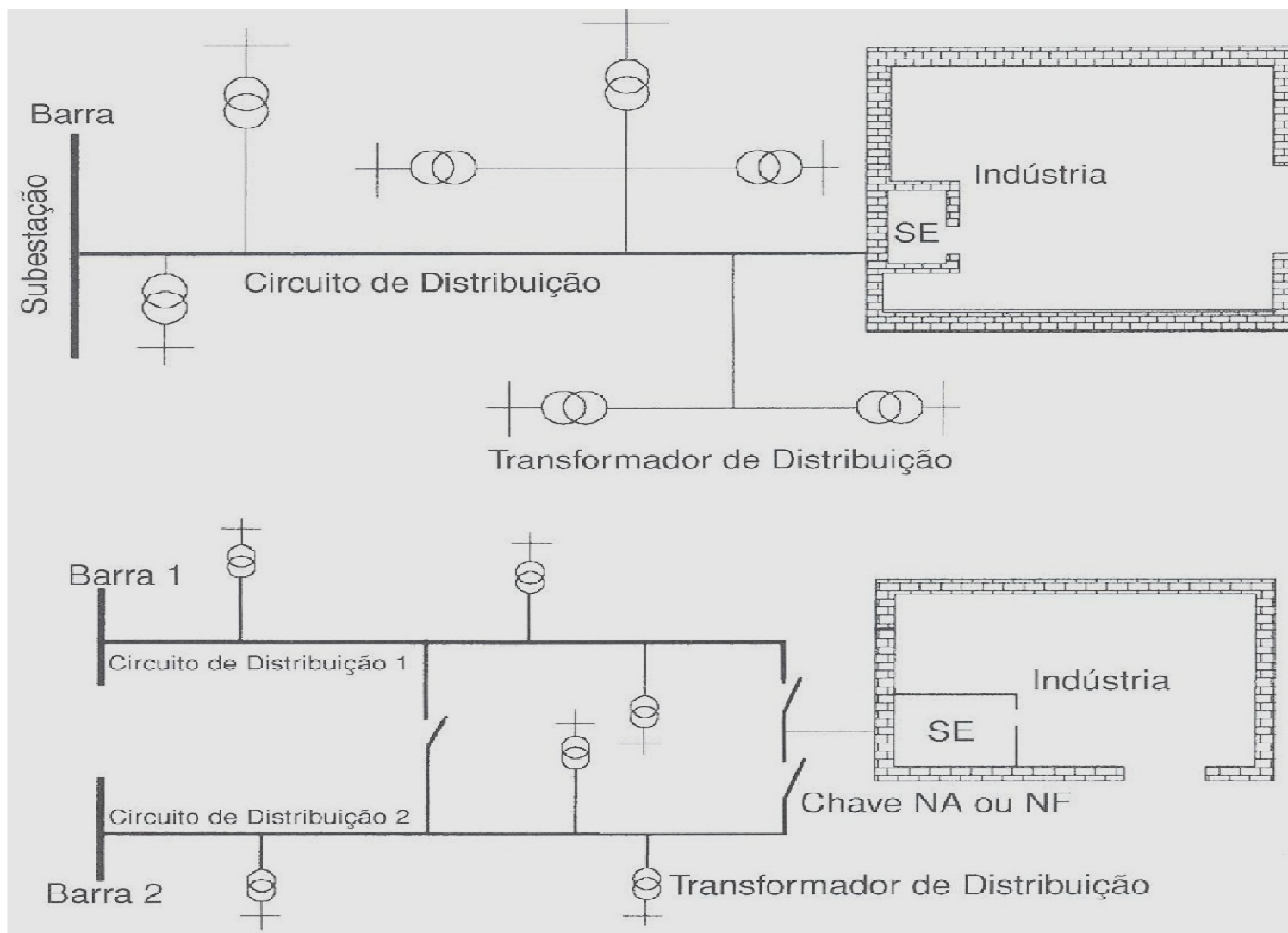


$$X = \frac{X_1 \times P_1 + X_2 \times P_2 + X_3 \times P_3 + X_4 \times P_4 + X_5 \times P_5}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5}$$

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

1 - Elementos de Projeto – Concepção do Projeto

➤ Sistema Primário de Suprimento (Rede de Distribuição):

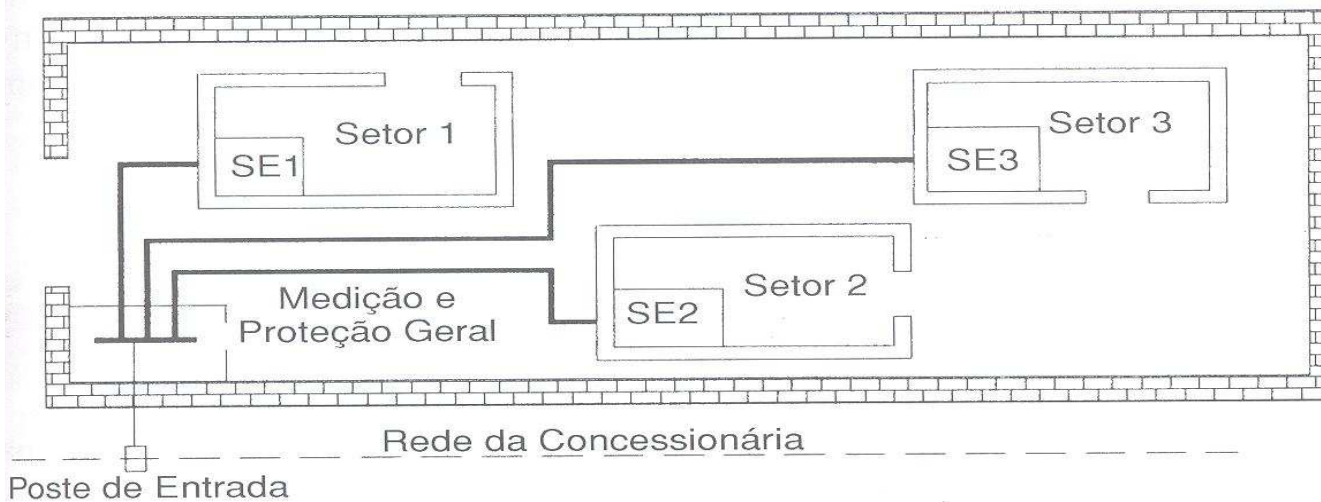


Radial Simple

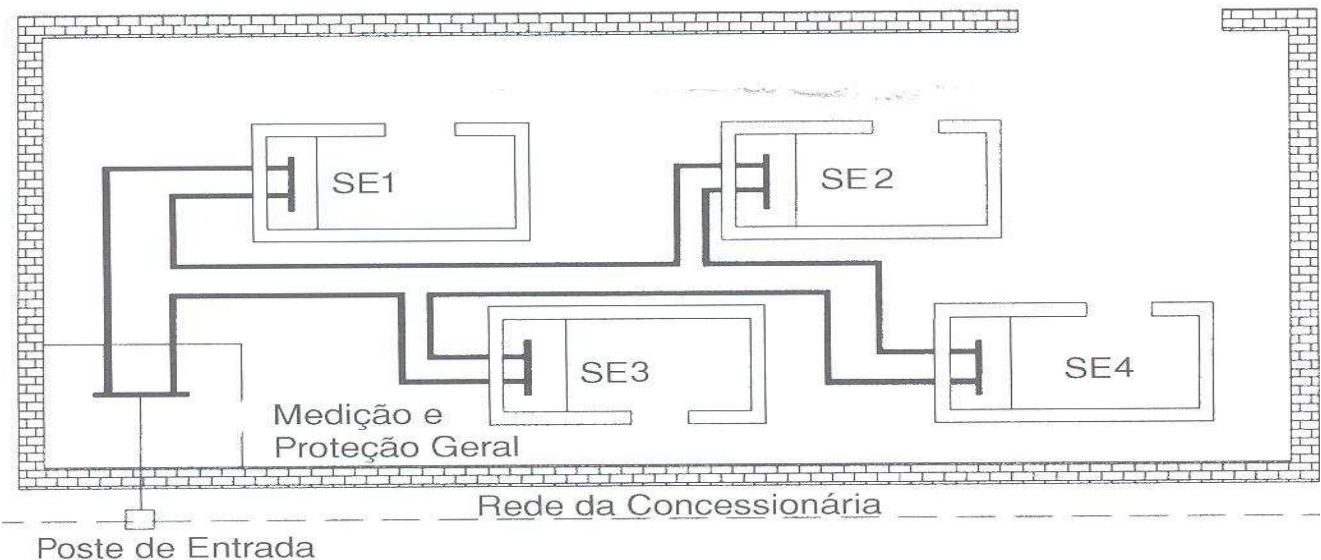
Radial com Recurso

1 - Elementos de Projeto – Concepção do Projeto

➤ Sistema Primário de Distribuição Interna (Indústria):



Radial Simples

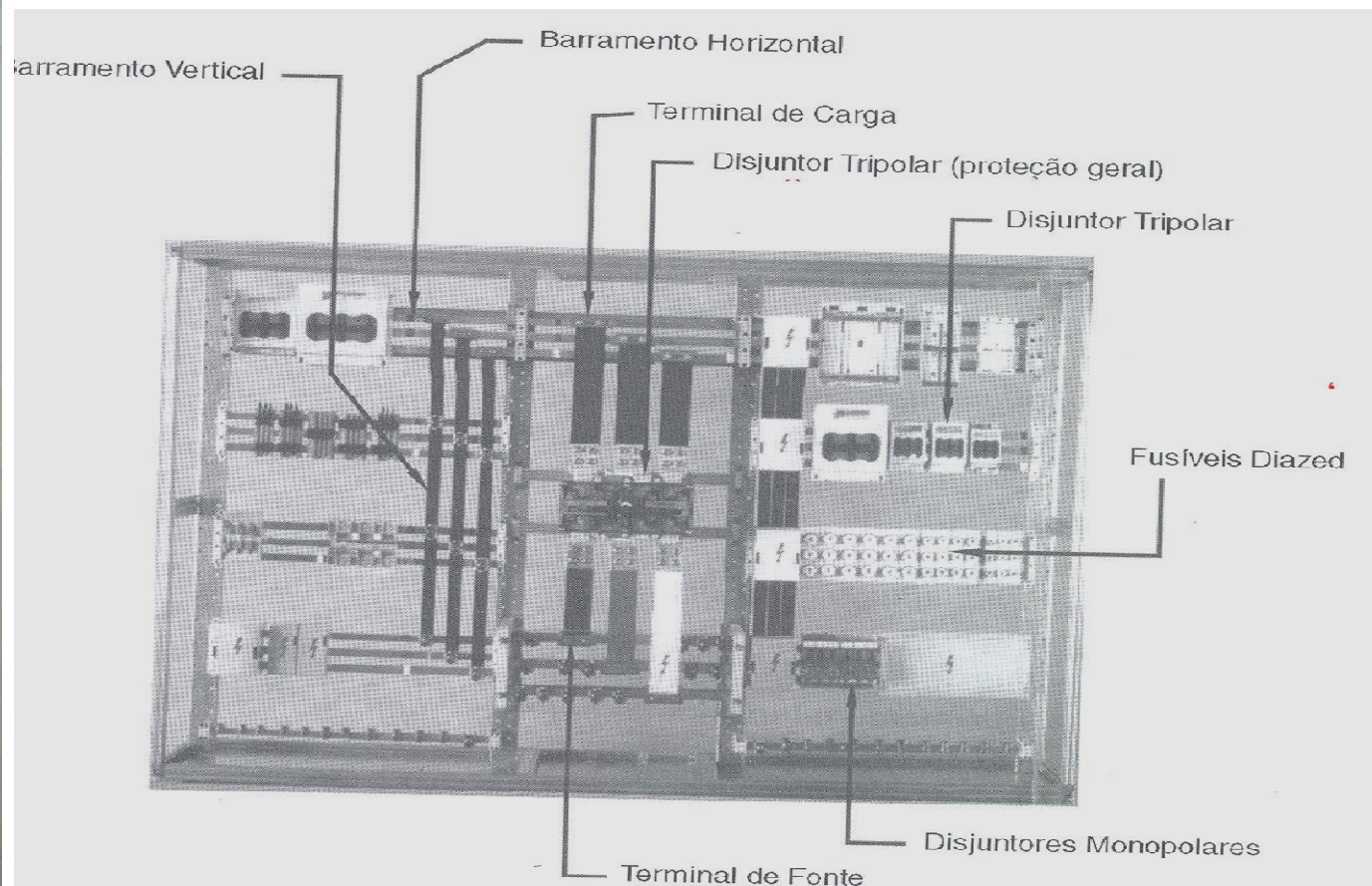
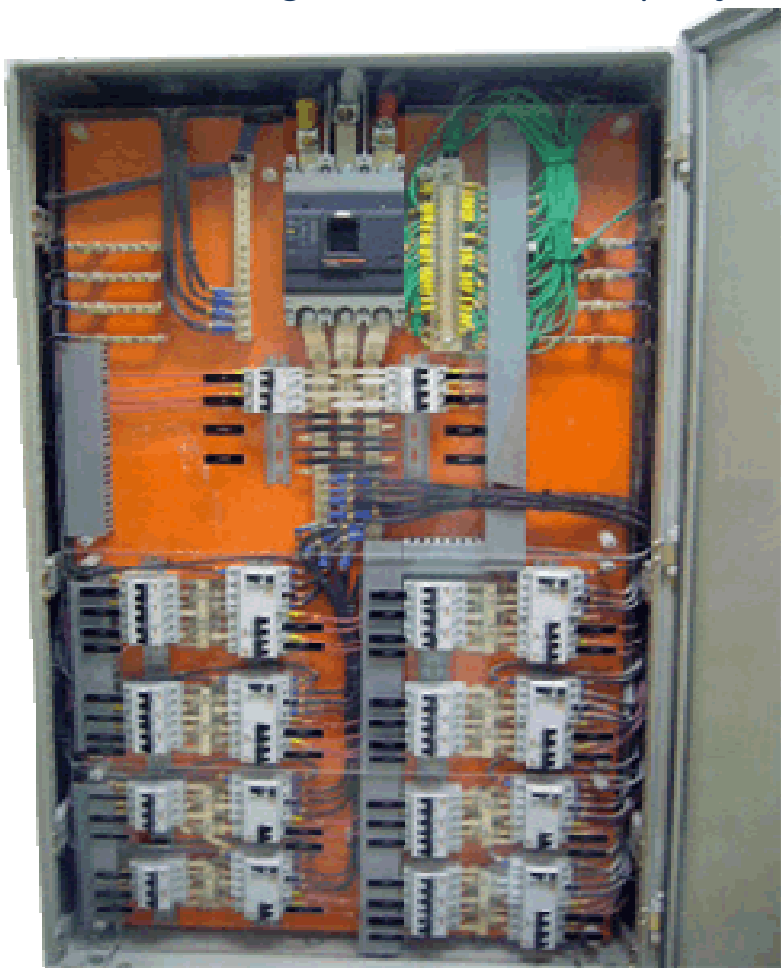


Radial com Recurso

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:

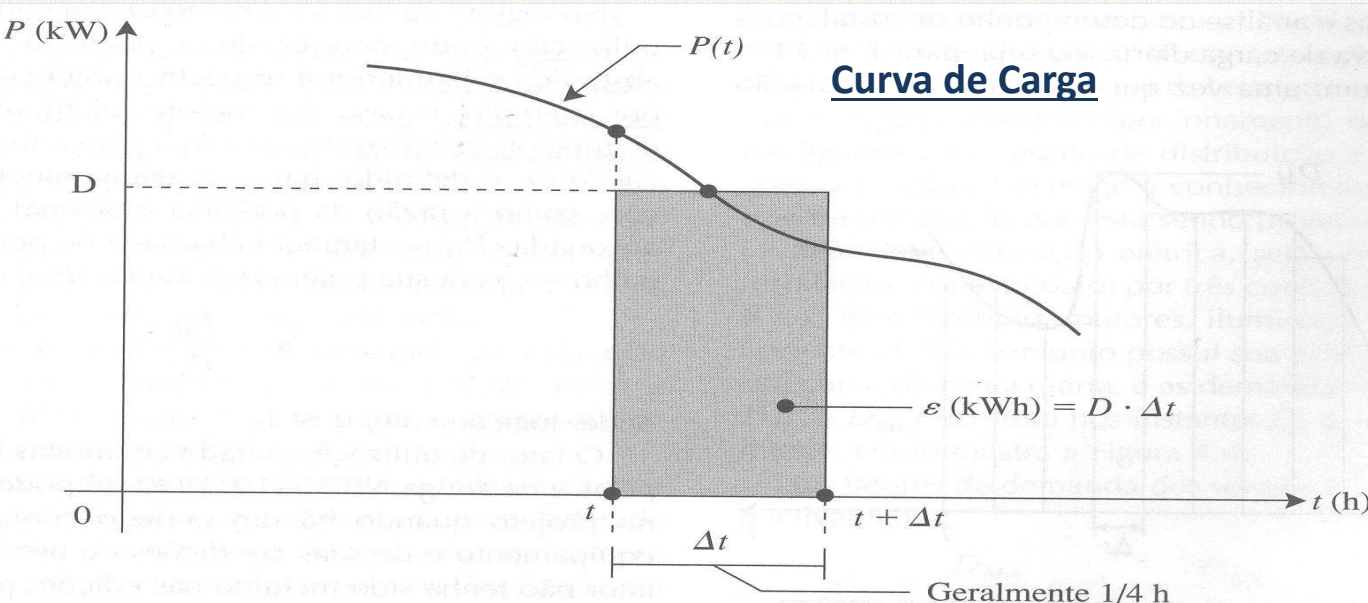
a) Primeiro Algarismo: Indica o grau de proteção quanto à penetração de corpos sólidos e contatos acidentais, ou seja:

- 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:

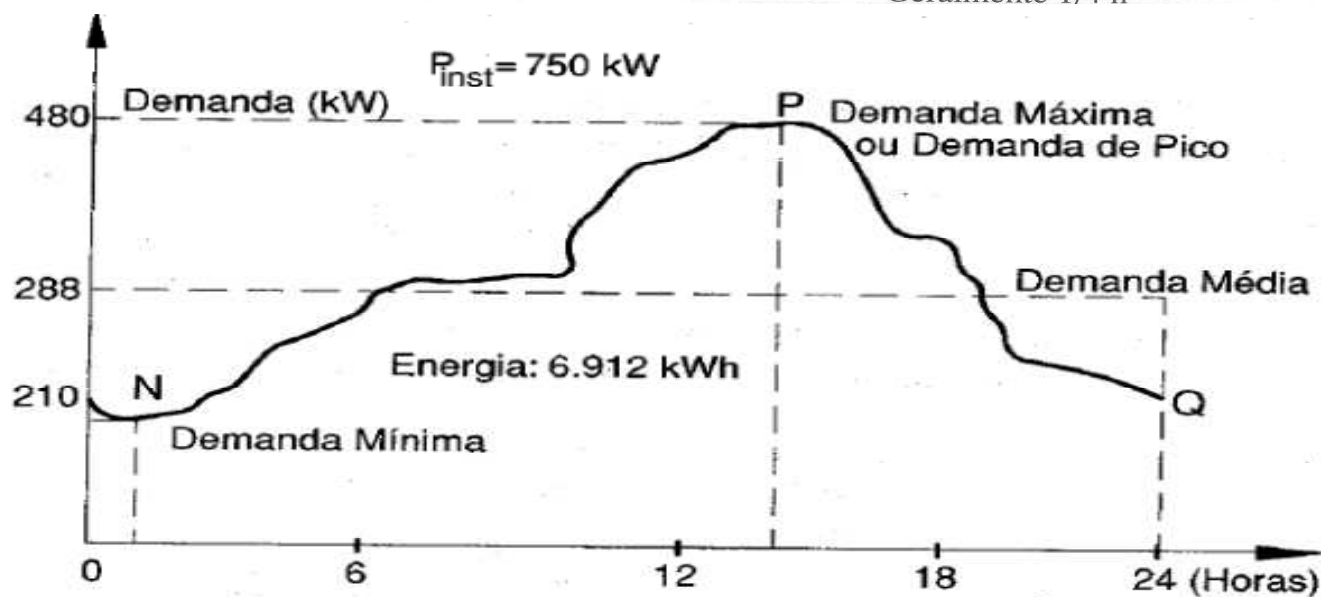
$$D = \frac{1}{\Delta t} \int_t^{t+\Delta t} P(t) \cdot dt \text{ (kW)}$$

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

➤ Fator de Demanda:

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

➤ F_d 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:

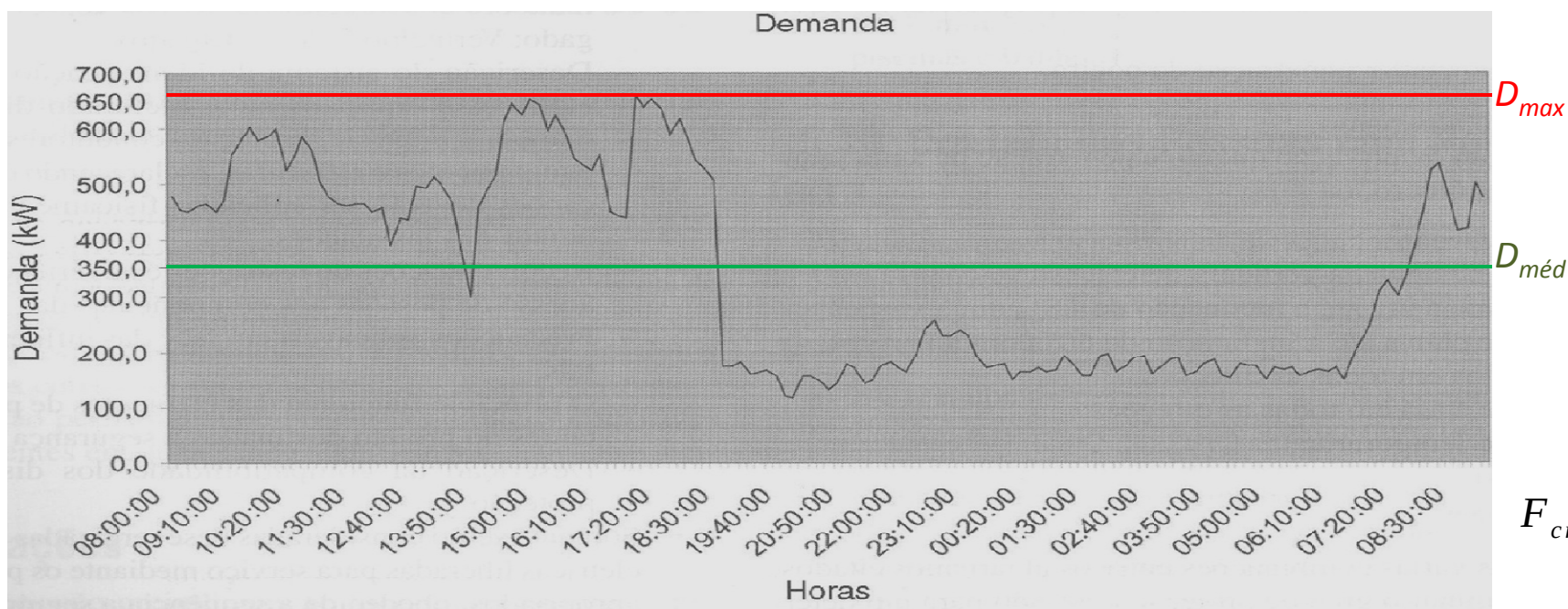
$$F_{cd} = \frac{D_{\text{méd}}}{D_{\text{máx}}}$$

➤ Fator de Carga mensal:

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

➤ 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 ($D_{\text{máx}}$).



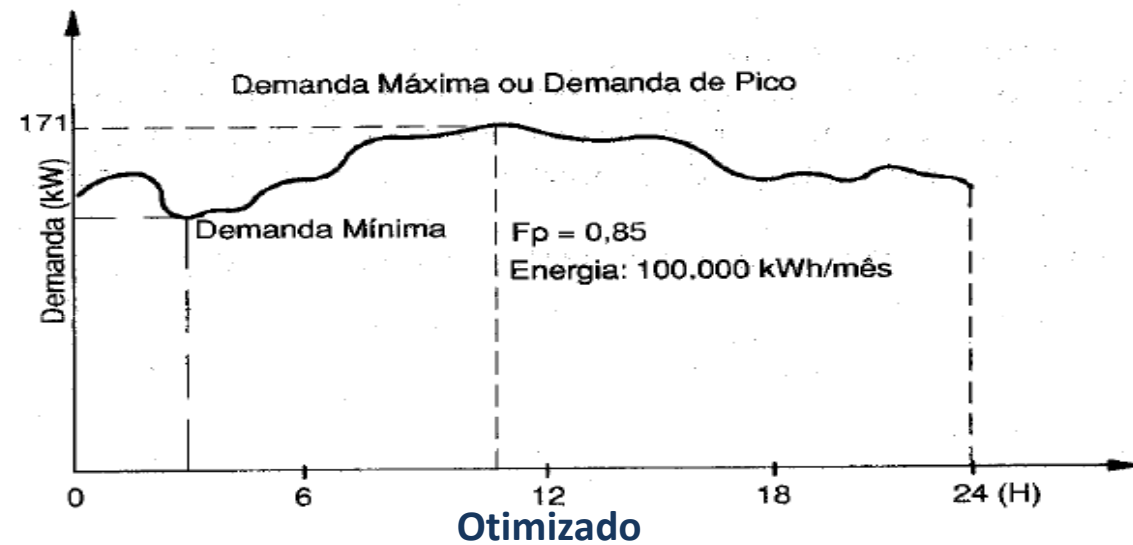
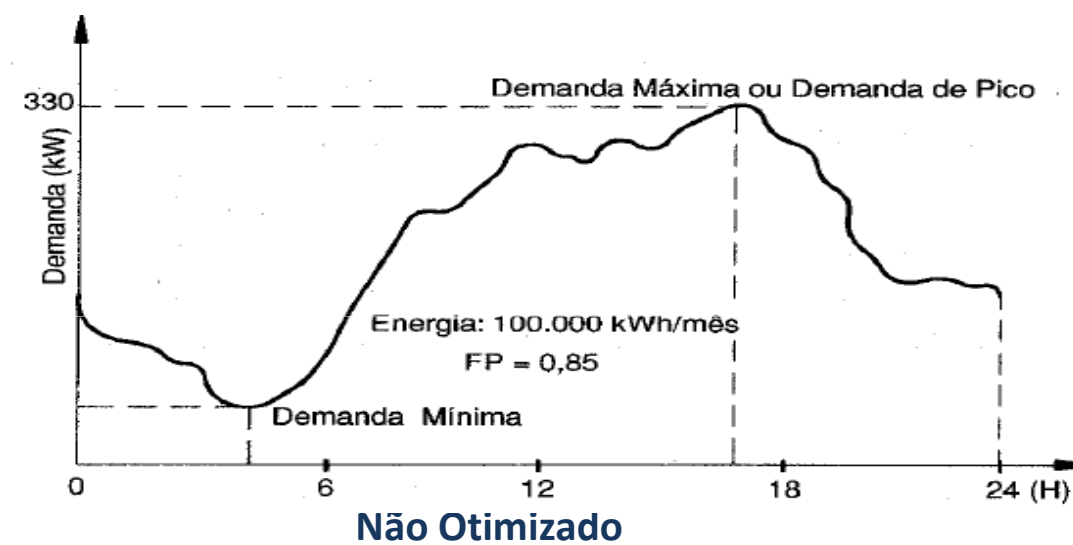
$$F_{cd} = \frac{350}{650} = 0,53$$

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

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.



➤ Reduzir a Demanda:

- ✓ 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.

$$F_s = \frac{D_{\text{máx}}}{\sum_{i=1}^n D_{\text{máx}}^i}$$

Fator de Simultaneidade

$$F_{dv} = \frac{1}{F_s}$$

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):

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

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

P_n : Potência nominal do motor em (cv)

F_{um} : Fator de utilização do motor

η : Rendimento do motor

Fp : Fator de potência

• Conjunto de Motores:

$$D_m = \frac{N_m \cdot P_{eim} \cdot 0,736}{\eta \cdot Fp} \cdot F_{sm} \text{ (kVA)}$$

N_m : Quantidade de motores

F_{sm} : Fator de simultaneidade

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

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

• Iluminação:

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

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

N_l : Quantidade de cada tipo de lâmpada

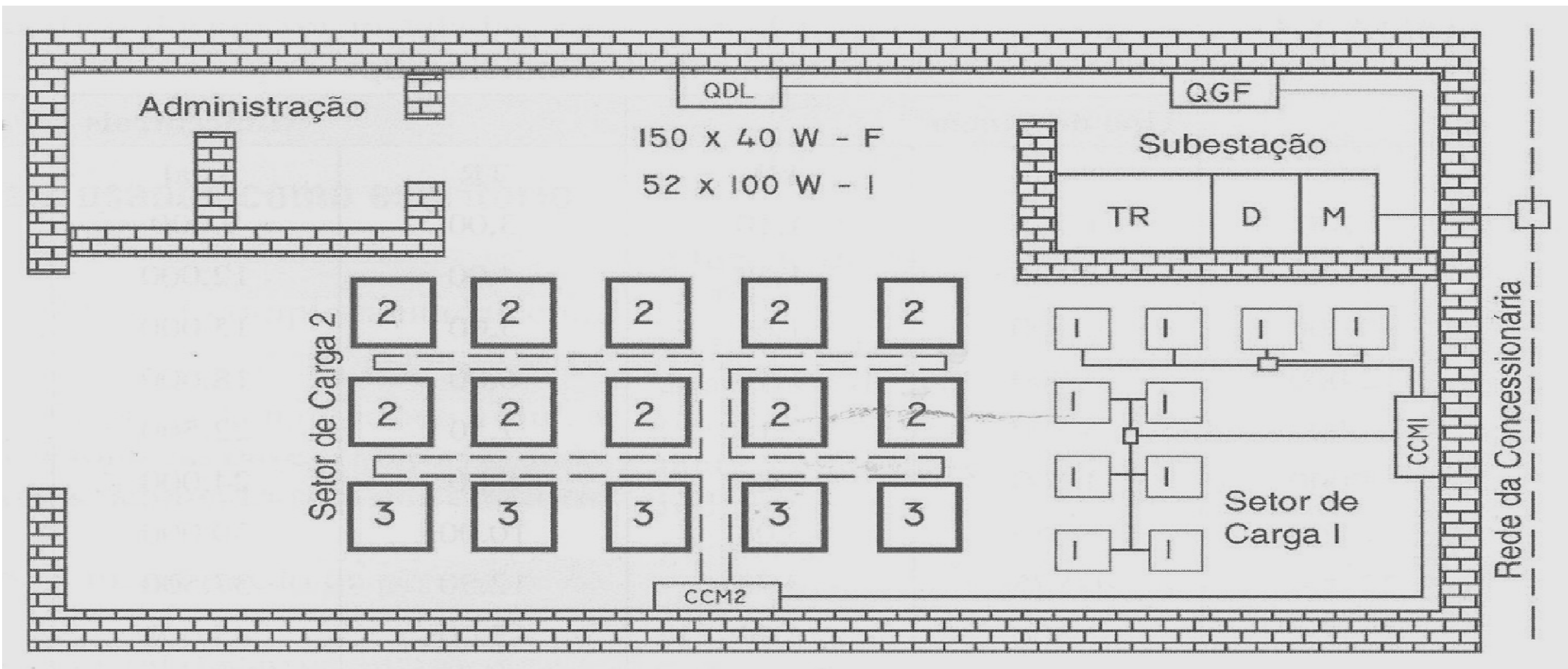
P_l : Potência nominal da lâmpada (W)

P_r : Perdas dos reatores (W)

F_p : Fator de potência dos reatores

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Exemplo de aplicação (1.1): Determinar as demandas dos CCM1, CCM2, QDL e QGF e a potência necessária do transformador da subestação. Todos os motores são de indução, rotor em gaiola e de IV polos. Dados: (1) Motores de 75 cv; (2) Motores de 30 cv e (3) Motores de 50 cv.



1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

TABELA 6.3

Motores assíncronos trifásicos com rotor em curto-circuito

Potência Nominal	Potência Ativa	Corrente Nominal		Velocidade (rpm)	Fator de Potência	Relação Inp/In	Relação Cp/Cn	Conjugado Nominal	Rotor Bloqueado	Rendimento	Momento de Inércia
cv	kW	220 V	380 V				%	kgf · m	s	%	kg · m²
II polos											
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 polos											
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	385,2	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 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

TABELA 2.3

Características dos reatores RTL Philips

Lâmpada	Tensão	Corrente	Fator de Potência	Perdas (W)	Starter
Reatores Simples					
1 × 20	118	0,36	0,57	6,1	S-2
1 × 20	220	0,37	0,34	10,0	S-2
1 × 40	118	0,91	0,49	12,9	S-10
1 × 40 - 2 × 20	220	0,43	0,50	10,5	S-10/2S-2
1 × 65	220	0,67	0,50	11,9	S-10
1 × 20	118	0,75	0,37	12,1	-
1 × 20	220	0,57	0,28	14,4	-
1 × 40	118	0,93	0,45	14,9	-
1 × 40	220	0,64	0,40	15,3	-
1 × 110	220	0,62	0,90	17,3	-
Reatores Duplos					
2 × 40	118	0,87	0,90	21,9	2S-10
2 × 40 - 4 × 20	220	0,44	0,90	18,3	2S-10/4S-2
2 × 20	220	0,33	0,90	19,5	-
2 × 40	115	0,95	0,90	22,5	-
2 × 40	125	0,88	0,90	20,4	-
2 × 40	220	0,51	0,90	24,1	-
2 × 65	220	0,71	0,90	23,3	2S-10
2 × 110	220	1,20	0,90	32,0	-

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

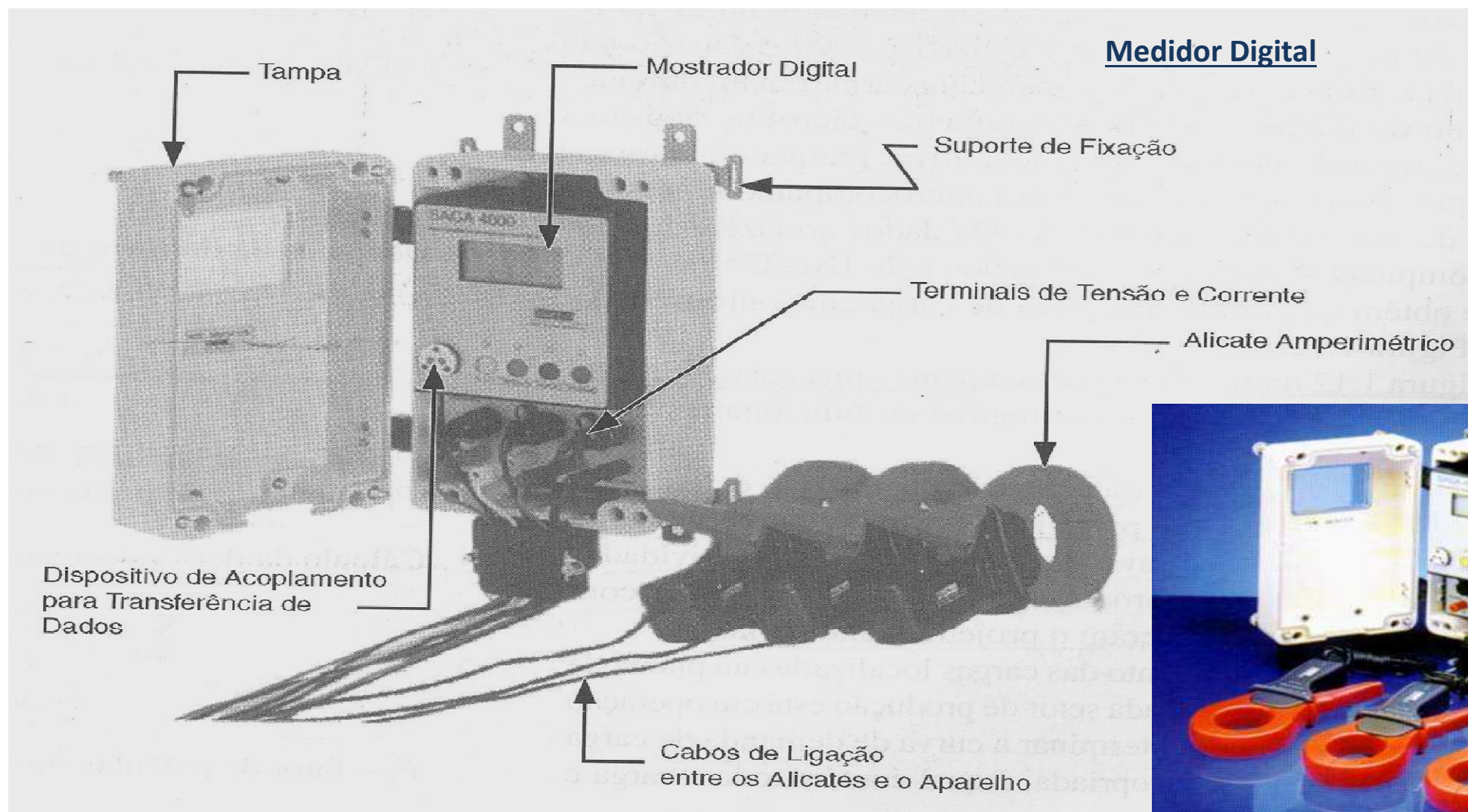
TABELA 9.11

Dados característicos de transformadores trifásicos em óleo para instalação interior ou exterior – classe 15 kV – primário em estrela ou triângulo e secundário em estrela – 60 Hz

Potência (kVA)	Tensão (V)	Perdas (W)		Rendimento	Regulação	Impedância
		A Vazio	Cobre	(%)	(%)	(%)
15	220 a 440	120	300	96,24	3,32	3,5
30	220 a 440	200	570	96,85	3,29	3,5
45	220 a 440	260	750	97,09	3,19	3,5
75	220 a 440	390	1.200	97,32	3,15	3,5
112,5	220 a 440	520	1.650	97,51	3,09	3,5
150	220 a 440	640	2.050	97,68	3,02	3,5
225	380 ou 440	900	2.800	97,96	3,63	4,5
300	220	1.120	3.900	97,96	3,66	4,5
	380 ou 440		3.700	98,04	3,61	4,5
500	220	1.700	6.400	98,02	3,65	4,5
	380 ou 440		6.000	98,11	3,6	4,5
750	220	2.000	10.000	98,04	4,32	5,5
	380 ou 440		8.500	98,28	4,2	5,5
1.000	220	3.000	12.500	98,10	4,27	5,5
	380 ou 440		11.000	98,28	4,19	5,5
1.500	220	4.000	18.000	98,20	4,24	5,5
	380 ou 440		16.000	98,36	4,16	5,5

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

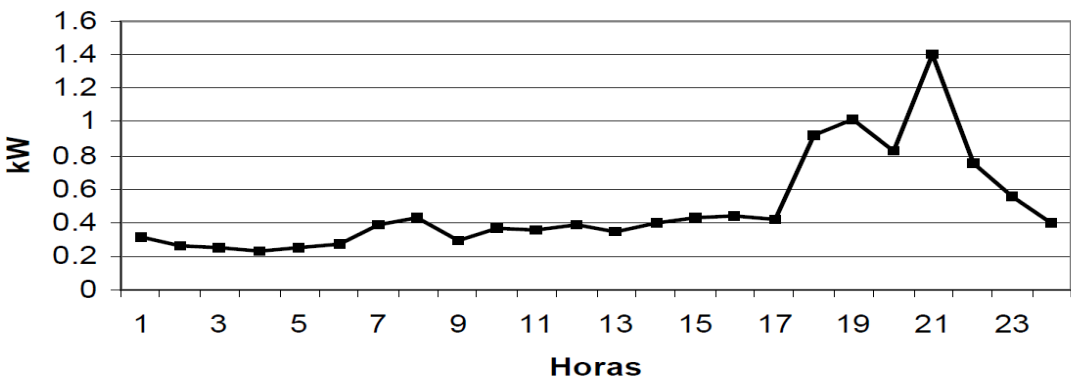
➤ Formação da Curva de Carga:



1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

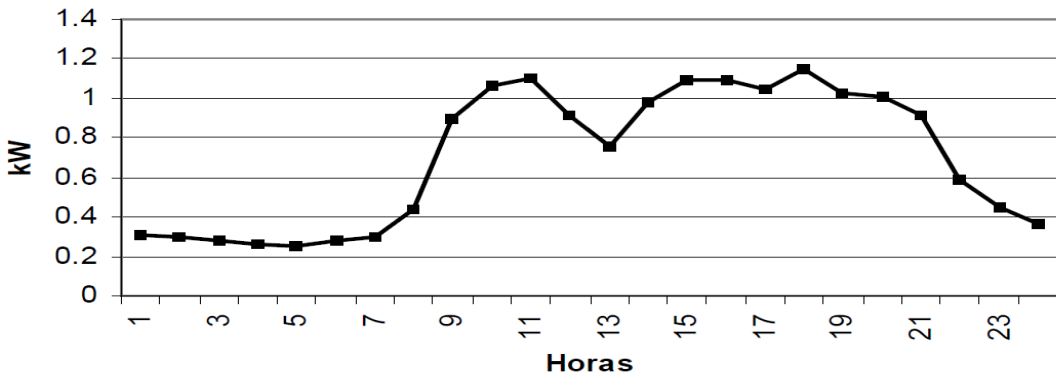
Curva de Carga Residencial

Curva de Carga - 330 kWh/mês

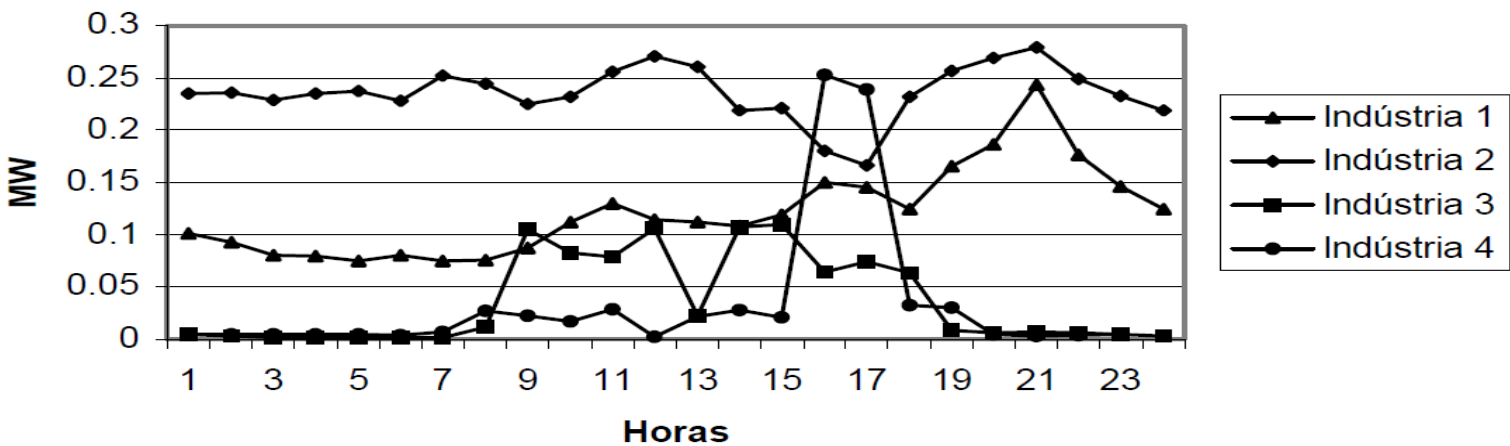


Curva de Carga Comercial

Curva de Carga - Consumidor Comercial



Curvas de Carga - Setor Industrial



Curva de Carga Industrial

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Dois procedimentos para obtenção da DEMANDA em KVA. Qual utilizar?

1- Método com uso do F_d ou com o F_s mais F_u

O problema está relacionado com os possíveis erros introduzidos pelo uso de Fatores que não levam em conta particularidades da indústria em estudo. Outro aspecto importante é a necessidade de utilizar fatores obtidos de indústrias do mesmo ramo de atividades que a indústria em estudo.

2- Método da Formação da Curva de Carga

O problema que pode aparecer é a falta ou pouca informação sobre os horários de operação de todos os setores da indústria. Porém se este dado estiver disponível este é o procedimento recomendado.

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Exemplo de aplicação (1.2):

TABELA 1.7
Levantamento de carga

Setor	Motores									Resis- tores	Lâmpadas															Potência			Período de Funcio- namento	
	Quant.	Potência	Fator Pot.	Rendi- mento	Fator Utili- zação	Fator Simult.	Total				Potência	Fluorescente						Vapor de Mercúrio												
												Quant.	Pot.	P. real.	E. pot.	Total			Quant.	Pot.	P. real.	E. pot.	Total			Total				Horas
	-	cv	-	-	-	-	kW	kVAr	kVA	kW	-	W	kW	-	kW	kVAr	kVA	-	W	W	-	kW	kVAr	kVA	kW	kVAr	kVA			
Sector 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		
Sector 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		
Sector 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		
Sector D	15	5	0,83	0,83	0,83	0,65	35,9	24,1	43,2	200															235,9	24,1	243,2	0-11 / 14-24		
Sector 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		
Sector F	6	10	0,85	0,86	0,83	0,75	32,0	19,8	37,6																32,0	19,8	37,6			
	15	20	0,86	0,88	0,85	0,60	128,0	75,9	148,8																128,0	75,9	148,8	7-20		
Sector G	20	10	0,85	0,86	0,83	0,55	78,1	48,4	91,9	100															178,1	48,4	191,9	0-16 / 20-24		
Sector 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		
Sector 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	6,4	0,96	28,8	0,01	29,0								28,8	0,0	29,0	7-19		
Ilum. Ind.											450	110	17,3	0,98	57,3	0,03	57,4	130	400	45	0,9	57,9	0,22	58,5	115,1	0,2	115,9	0-24		
Ilum. Ext.																		38	400	45	0,9	16,9	0,22	17,1	16,9	0,2	17,1	18-6		
Total da carga (kW)							978,0	655,1	1.179,8	300							0,04	86,4						74,8	0,43	75,6	1.438,8	655,6	1.581,1	

$$D_m^A = \frac{15 \cdot 25 \cdot 0,85 \cdot 0,736}{0,88 \cdot 0,84} \cdot 0,6 = 190,4 \text{ (kVA)}$$

$$D_m^B = \frac{20 \cdot 15 \cdot 0,83 \cdot 0,736}{0,86 \cdot 0,75} \cdot 0,55 = 156,3 \text{ (kVA)}$$

$$D_{il}^{adm} = \frac{1 \cdot 750 \cdot \left(32 + \frac{6,4}{0,96} \right)}{1000} = 29,0 \text{ (kVA)}$$

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

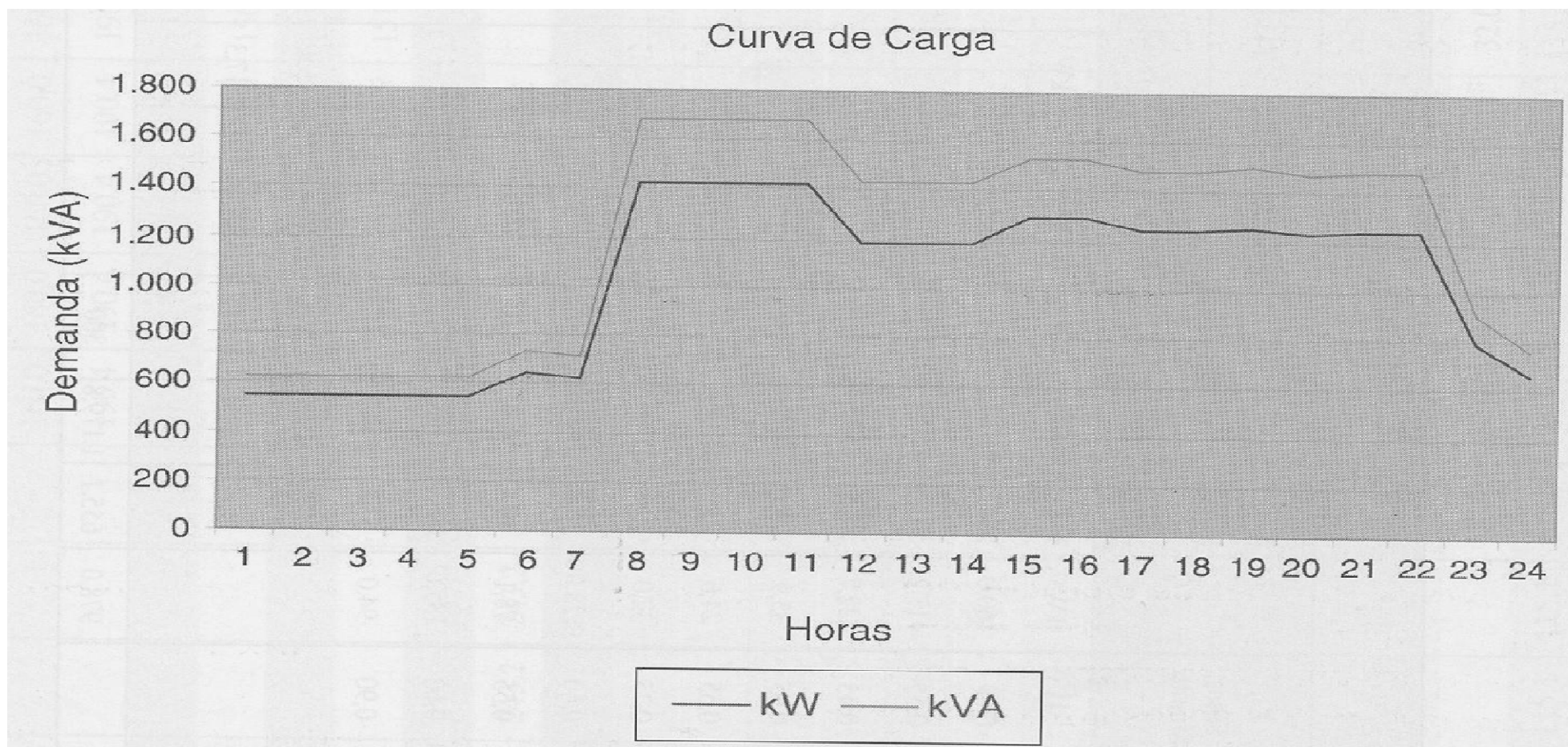
➤ Exemplo de aplicação (1.2):

TABELA 1.8
Planilha para determinação da curva de carga

Setores	Horas	Intervalos de Demanda																							
		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	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	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	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	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	243,2	243,2	243,2	243,2	243,2	243,2	243,2	243,2	243,2	243,2	243,2				243,2	243,2	243,2	243,2	243,2	243,2	243,2	243,2	243,2	243,2
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				
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
	kVA	191,9	191,9	191,9	191,9	191,9	191,9	191,9	191,9	191,9	191,9	191,9	191,9	191,9	191,9	191,9						191,9	191,9	191,9	191,9
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								28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8						
	kVA								32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0						
I Ind	kW	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1	115,1
	kVA	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5	168,5
I Ext	kW	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9														16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9
	kVA	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1														17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
Tot	kW	546	546	546	546	546	640	623	1.422	1.422	1.422	1.422	1.186	1.186	1.186	1.299	1.299	1.244	1.244	1.261	1.232	1.250	1.250	787	665
	kVA	621	621	621	621	621	729	712	1.680	1.680	1.680	1.680	1.437	1.437	1.437	1.529	1.529	1.488	1.488	1.506	1.474	1.479	1.479	914	762

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Exemplo de aplicação (1.2):



1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

Tarifas de Energia - Definições

• Tensão de Fornecimento (ANEEL – Resolução 414 – Art 12):

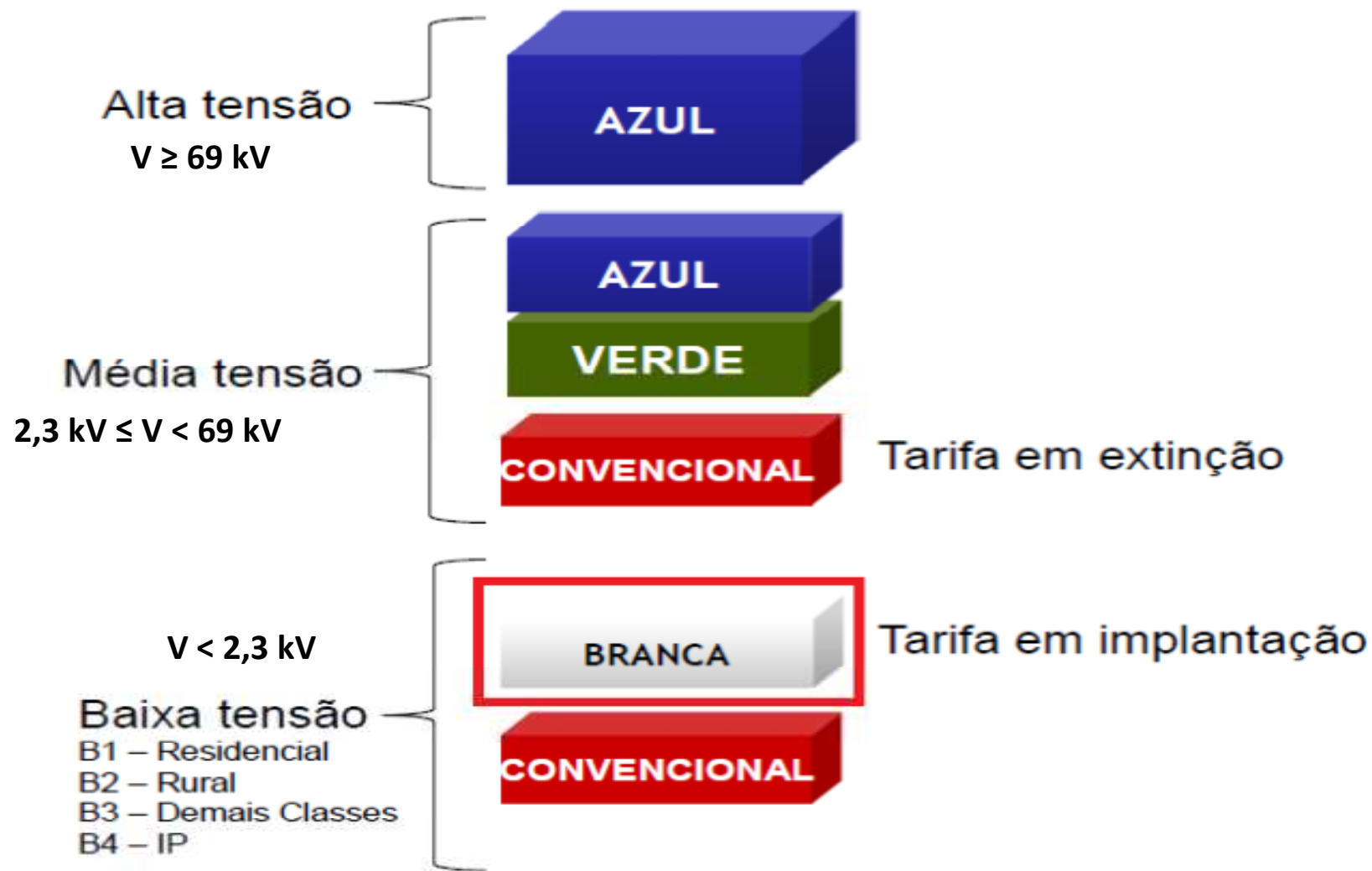
I. Tensão secundária em rede aérea (< 2,3 kV): Carga instalada igual ou inferior a 75 kW;

II. Tensão primária de distribuição inferior a 69 kV: Carga instalada superior a 75 kW e a demanda igual ou inferior a 2500 kW;

III. Tensão primária de distribuição igual ou superior a 69 kV: Demanda superior a 2500 kW.

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Enquadramento das Tarifas por Nível de Tensão:



1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

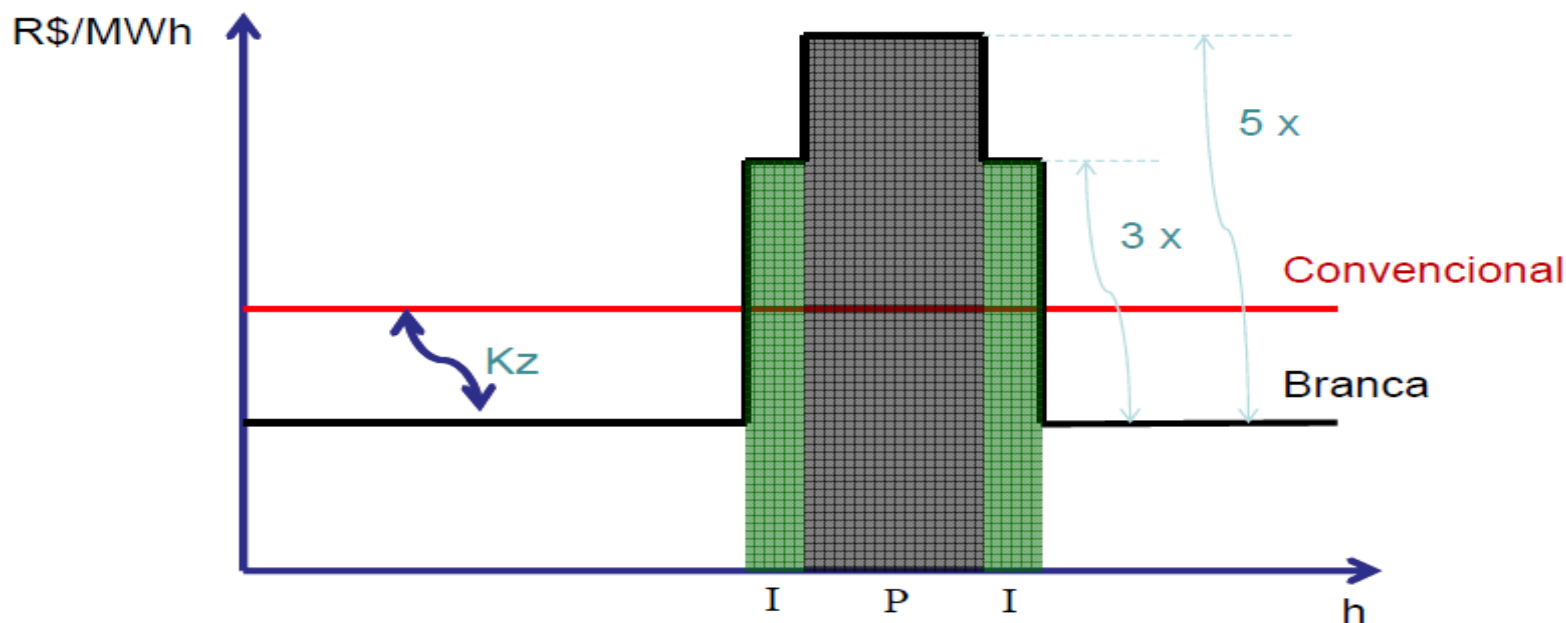
➤ Tarifas na Baixa Tensão GRUPO B :

• **Consumo de Energia:** Corresponde ao valor acumulado pelo uso da potência elétrica disponibilizada ao consumidor ao longo de um período de consumo (mensal). É a medida de energia em kWh.

• Tarifas do Grupo B:

I. **Convencional:** Faturamento mensal com um único preço por kWh;

II. **Tarifa Branca:** Faturamento mensal com 3 preços de energia elétrica ao longo do dia: Período fora da ponta; intermediário e ponta – **Em implantação no Brasil.**



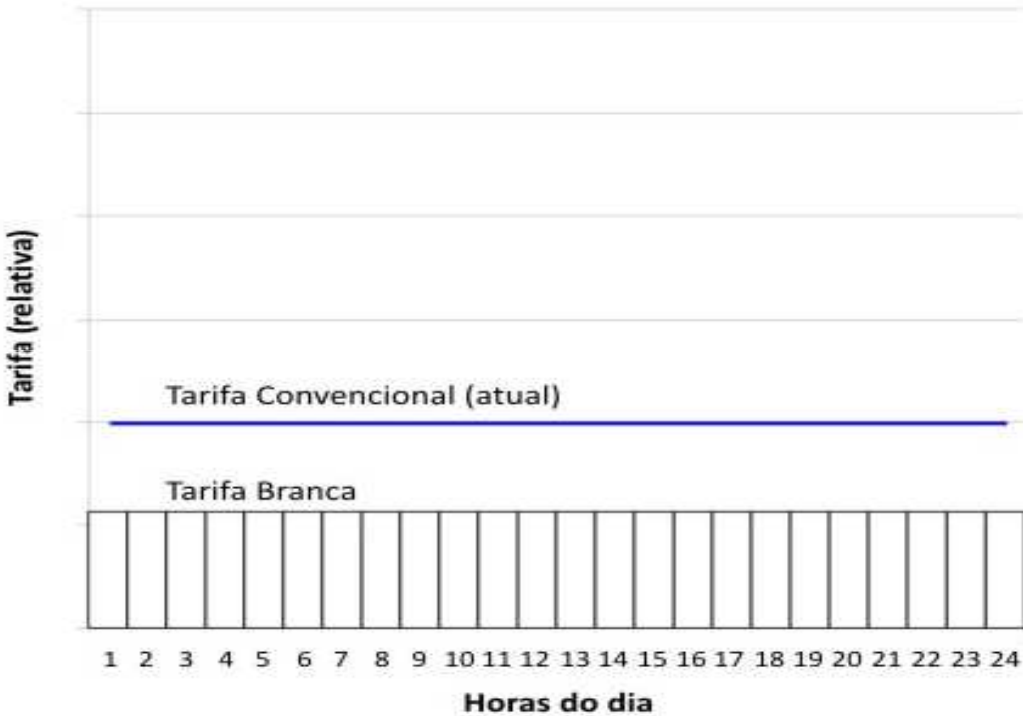
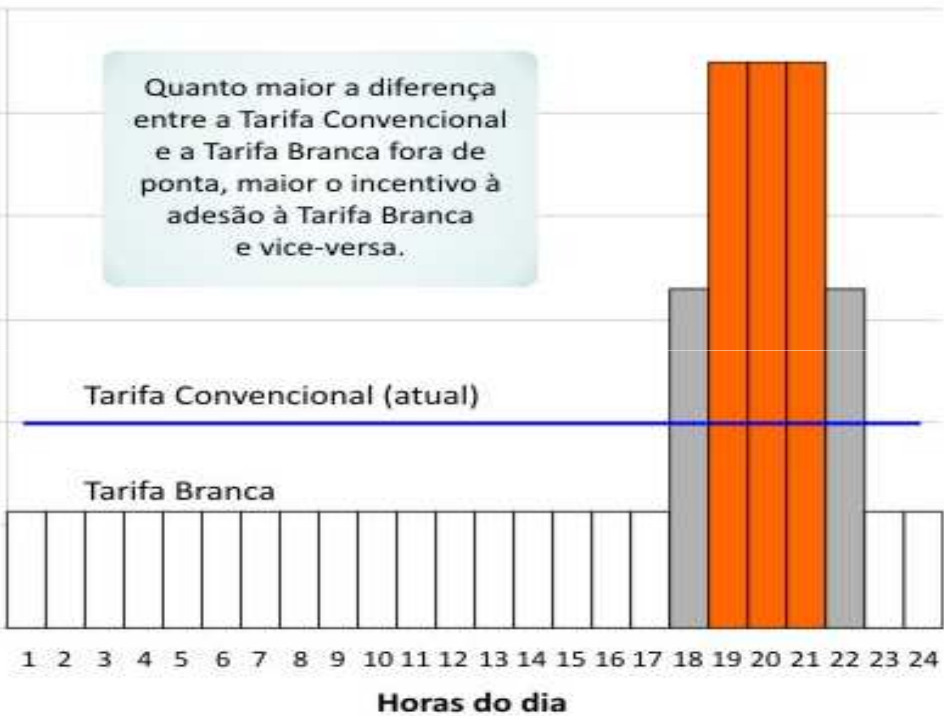
1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

TARIFA BRANCA

Comparativo entre a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional

DIAS ÚTEIS

SÁBADOS, DOMINGOS E FERIADOS



Tarifa Branca		
Fora de Ponta	Intermediária	Ponta

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Determinação da Tarifa Média de uma Instalação Industrial:

- **Demanda de Potência:** Durante um intervalo de tempo normalmente de 15 min e é **faturada** pelo **maior** valor medido durante o período de fornecimento (mensal) ou a demanda contratada.
- **Consumo de Energia:** Corresponde ao valor acumulado pelo uso da potência elétrica disponibilizada ao consumidor ao longo de um período de consumo (mensal).

Tarifas do Grupo A:

- A1** para o nível de tensão de 230 kV ou mais;
- A2** para o nível de tensão de 88 a 138 kV;
- A3** para o nível de tensão de 69 kV;
- A3a** para o nível de tensão de 30 a 44 kV;
- A4** para o nível de tensão de 2,3 a 25 kV;
- AS** para sistema subterrâneo.

Horossazonal azul – $V \geq 69$ kV

Horossazonal azul ou verde – $V < 69$ kV e $D \geq 300$ kW

Convencional, azul ou verde – $V < 69$ kV e $D < 300$ kW

D : Demanda Contratada

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Postos Tarifários (horas do dia):

- Horário de Ponta (P): Período entre 18 e 21 horas do dia;
- Horário Fora de Ponta (FP): Demais horas dos dias úteis e as 24 horas dos sábados, domingos e feriados.

➤ Postos Tarifários (meses do ano) (foi retirado com a introdução das BANDEIRAS):

- Período seco (S): Maio a Novembro;
- Período úmido (U): Dezembro a Abril.

➤ Estruturas das Tarifas para Faturamento:

➤ Convencional:
(em extinção) { Demanda (R\$/kW): Valor único
Consumo (R\$/MWh): Valor único

➤ Azul: { Demanda (R\$/kW): P e FP
Consumo (R\$/MWh): P e FP

➤ Verde: { Demanda (R\$/kW): Valor único
Consumo (R\$/MWh): P e FP

O Valor da demanda faturada é o maior entre os valores:

- Demanda Contratada;
- Demanda Medida;

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Tarifas praticadas pela ELEKTRO - 2017:

Modalidade tarifária baixa tensão

Modalidade Tarifária **CONVENCIONAL**

SUBGRUPO	TE (R\$/kWh)	TU (R\$/kWh)	TARIFA FINAL (R\$/kWh)
B1-RESIDENCIAL	0,23604	0,21185	0,44789
B1-RESIDENCIAL BAIXA RENDA			
Consumo mensal até 30 kWh	0,08261	0,05913	0,14174
Consumo mensal entre 31 até 100 kWh	0,14162	0,10137	0,24299
Consumo mensal entre 101 até 220 kWh	0,21244	0,15206	0,36450
Consumo mensal superior a 220 kWh	0,23604	0,16895	0,40499
B2-RURAL	0,16523	0,14830	0,31353
B2-COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	0,12274	0,11016	0,23290
B2-SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO	0,14163	0,12711	0,26874
B3-DEMAIS CLASSES	0,23604	0,21185	0,44789

<http://www.elektro.com.br/sua-casa/tarifas-taxas-e-tributos>

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

Modalidade tarifária horária Verde

SUBGRUPO	TE (R\$/kWh)		TU (R\$/kWh)	
CONSUMO / ENERGIA	Ponta	Fora Ponta	Ponta	Fora Ponta
A3a (30 kV a 44 kV)	0,3373	0,22684	0,8791	0,05249
A4 (2,3 a 25 kV)	0,3373	0,22684	0,8791	0,05249
SUBGRUPO	TU (R\$/kW)			
DEMANDA				
A3a (30 kV a 44 kV)	11,38			
A4 (2,3 a 25 kV)	11,38			

Modalidade tarifária horária Azul

SUBGRUPO	TE (R\$/kWh)		TU (R\$/kwh)	
CONSUMO / ENERGIA	Ponta	Fora Ponta	Ponta	Fora Ponta
A2 (88 a 138 kV)	0,3373	0,22684	0,04418	0,04418
A3 (69 kV)	0,3373	0,22684	0,05415	0,05415
A3a (30 kV a 44 kV)	0,3373	0,22684	0,05249	0,05249
A4 (2,3 a 25 kV)	0,3373	0,22684	0,05249	0,05249
SUBGRUPO	TU (R\$/kW)	TU (R\$/kW)		
DEMANDA	Ponta	Fora Ponta		
A2 (88 a 138 kV)	7,20	4,66		
A3 (69 kV)	9,95	3,75		
A3a (30 kV a 44 kV)	34,13	11,38		
A4 (2,3 a 25 kV)	34,13	11,38		

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Definição de Ponta e Fora de Ponta:

- Horário de ponta: período composto por **3 (três) horas diárias consecutivas** definidas pela distribuidora, considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi e mais oito feriados nacionais; e
- Horário fora de ponta: período composto pelo conjunto das **horas diárias consecutivas e complementares** àquelas definidas no horário de ponta.
- Na **ELEKTRO** o horário de ponta é das 17h30 às 20h29, sob a justificativa de que é nesse período que ocorre a demanda máxima de seu sistema nos dias em que existe a sinalização tarifária. Durante o horário de verão, o horário de ponta é deslocado para o período das 18h30 às 21h29, visto que os medidores não são alterados com o início do horário de verão.

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Bandeiras Tarifárias:

Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa publicada se mantém.

Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa publicada sofre acréscimo de R\$ 0,015* por kWh consumido.

Bandeira vermelha: condições mais custosas de geração.

Patamar 1: A tarifa publicada sofre acréscimo de R\$ 0,030* por kWh consumido.

Patamar 2: A tarifa publicada sofre acréscimo de R\$ 0,045* por kWh consumido.

** Valores válidos a partir de 01 de fevereiro de 2016, conforme determinação da ANEEL em reunião pública de diretoria realizada em 26/01/2016.*

<http://www.elektro.com.br/sua-casa/tarifas-taxas-e-tributos>

1 - Elementos de Projeto – Formulação de um Projeto Elétrico

➤ Exemplo de Aplicação 1.3:

As Figuras representam a situação operativa diária de um consumidor industrial em 13,8 kV, respectivamente, antes e depois da aplicação de um estudo de melhoria do fator de carga, conservando o mesmo nível de produção, durante os 30 dias de operação mensal. O consumo em ambos os casos é de 126.000 KWh/mês. Determinar a resultante economia diária com a energia elétrica.

Considerar a tarifa: AZUL adotada pela ELEKTRO (a demanda máxima medida será a contratada).

