

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO ”

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PLANEJAMENTO E PROJETOS DE SISTEMAS DE

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Apostila _02

PROJETO DE REDES AÉREAS DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

Prof^ª Mariângela de Carvalho Bovolato

Ilha Solteira - SP, outubro de 2004

REDES DE DISTRIBUIÇÃO

1. DEFINIÇÕES

1.1 – SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

Sistema elétrico que possibilita o transporte de energia elétrica, a partir do barramento secundário de uma subestação de distribuição até os pontos de consumo.

1.2 – ALIMENTADOR URBANO DE DISTRIBUIÇÃO

Alimentador de distribuição que localiza essencialmente em áreas urbanas, e alimenta uma rede urbana de distribuição.

1.3 – REDE URBANA DE DISTRIBUIÇÃO

Sistema elétrico de distribuição situado no perímetro urbano.

1.4 – REDE PRIMÁRIA URBANA DE DISTRIBUIÇÃO

Conjunto de alimentadores urbanos de distribuição e seus ramais que alimentam os transformadores de distribuição e os pontos de entrega na mesma tensão.

1.5 – REDE SECUNDÁRIA URBANA DE DISTRIBUIÇÃO

Parte do sistema elétrico de distribuição situada dentro do perímetro urbano e que é alimentada pelos barramentos dos transformadores de distribuição até os pontos de entrega.

1.6 – PLANTA CHAVE

Representação planimétrica das áreas urbanas de uma localidade e em escala 1:5000, no formato A1.

1.7 – PLANTA DETALHE

Representação planimétrica de uma quadrícula da planta chave em escala 1:1000.

1.8 – CARGA LIGADA

Soma das carga nominais de todos os aparelhos consumidores ligados ao sistema ou parte do sistema em consideração.

1.9 - DEMANDA

Potência média durante qualquer intervalo de 15 minutos medida por aparelho integrador, expressa em kWh/h.(kVA).

1.10 – DEMANDA MÁXIMA

Maior de todas as demandas que ocorrem durante um período de tempo definido.

1.11 – DEMANDA DIVERSIFICADA

Demanda média de um consumidor de um grupo de consumidores da mesma classe deste grupo, tomada em conjunto e dividida pelo número de consumidores desta classe.

1.12 – FATOR DE CARGA

Relação entre demanda média de potência referida a um intervalo de tempo, e a demanda máxima de potência, ocorrida no mesmo intervalo de tempo.

$$F_c = \frac{dm}{D}$$

Para período de 1 ano :

$$F_c = \frac{C}{8760 D}$$

onde : C = Consumo anual em kWh;

D = demanda máxima de potência anual em kW;

8760 = número de horas do ano

1.13 – FATOR DE DEMANDA

Relação expressa em fração decimal ou percentagem, entre a demanda máxima de uma instalação, ou de um conjunto de instalações, em um período especificado, e a carga total dessa instalação, ou conjunto de instalações.

1.14 – FATOR DIVERSIDADE

Relação expressa em fração decimal ou percentagem, entre a soma das demandas máximas de um conjunto de equipamentos elétricos ou consumidores, em um período especificado, e a demanda máxima simultânea dentro do mesmo período.

1.15 – FATOR DE CORREÇÃO SAZONAL

Fator de correção de demanda máxima medida dos consumidores residenciais e comerciais, com o objetivo de se excluir a possibilidade de que a demanda medida não corresponda à ponta máxima do ano.

1.16 – FATOR DE CORREÇÃO DE TENSÃO

Fator de correção destinado a compensar a perda de potência motivada pela existência de cargas resistivas (residenciais e comerciais ligados na rede de distribuição), em relação à tensão melhorada (gráficos 1 e 2 , Anexos I e II).

1.17 – CONSUMIDOR TIPO C

Consumidores de pequeno recurso com poucas possibilidades de utilização de aparelhos eletrodomésticos .

1.18 – CONSUMIDORES TIPO B

Consumidores de classe pobre a média, com possibilidades de utilização de aparelhos eletrodomésticos.

1.19 – CONSUMIDORES TIPO A

Consumidores das classes média e rica, normalmente possuidores de cargas elétricas significativas.

1. CONDIÇÕES GERAIS

2.1.- INTRODUÇÃO

Embora levando em consideração que uma rede de distribuição não possa ser projetada sob regras rígidas, os projetos devem atender a um planejamento básico, que permita um desenvolvimento progressivo compatível com as possibilidades de crescimento da localidade considerada.

2.1.1. – Localidades sem energia elétrica

Para localidades que não possuam energia elétrica, deverá ser efetuado um planejamento básico, através da análise das condições locais e de um levantamento de dados tais como :

- Planta da localidade;
- Levantamento cadastral;
- Previsão de carga;
- Demanda;
- Traçado;
- Número e bitola dos condutores

2.1.2. – Localidades com energia elétrica

Para localidades que já possuem energia elétrica, deverá ser efetuada uma análise do sistema elétrico disponível, elaborando-se a seguir o projeto de rede.

2.1.3.- Critérios

Os critérios adotados além de possibilitarem um bom desempenho do sistema de distribuição de energia elétrica, devem minimizar os riscos de acidentes.

Deverá ser observada, portanto, a necessidade de uma maior segurança, na utilização de materiais, equipamentos e proteção do pessoal envolvido nos trabalhos, bem como da população que está sendo servida. Desta forma, recomenda-se que na elaboração dos projetos sejam observados os critérios e as especificações referentes a :

- Previsão de carga e dimensionamento de circuitos primários e secundários;
- Traçado de alimentadores e circuitos secundários;
- Afastamentos ou distâncias mínimas;
- Proteção e manobra;
- Escolha de estruturas, locação e estaiamento;
- Áreas arborizadas (Anexo III)

2.2. – PLANTA DE REDE PRIMÁRIA

Deverá ser elaborada de acordo com o item 1.6.e conter :

- todos os arruamentos e logradouros;
- todos os túneis, pontes e viadutos;
- todas as rodovias e ferrovias;
- os principais acidentes naturais.

Será utilizada para planejamento do circuito primário, bem como para orientar no desenvolvimento futuro do sistema de distribuição.

2.3.- PLANTA DE REDE SECUNDÁRIA

Deverá se elaborada de acordo com o item 1.7 , contendo cadastro de frigoríficos, todas as residências, escritórios, padarias , cinemas, hospitais, repartições públicas e indústrias.

Será utilizada para o planejamento da localização dos transformadores e circuitos secundários.

2.4.- LEVANTAMENTO CADASTRAL

Consiste no levantamento dos prováveis consumidores residenciais, comerciais e especiais sendo que, para estes últimos, deverão ser cadastrados:

- motores e aparelhos especiais;
- utilização simultânea ou não de motores e aparelhos;
- regime de trabalho diurno e noturno;

- raio X;
- máquina de solda.

2.5.- PREVISÃO DE CARGA

2.5.1.- Demanda Inicial

A demanda inicial estimada será obtida pelo fator de carga e kWh/consumidores a ser determinado para cada classe do consumidor, através do faturamento característico da região.

2.5.2.- Demanda Total

A demanda total será a soma das demandas individuais relativas a cada classe de consumidores sendo que, os grandes consumidores terão sua demanda considerada individualmente

2.5.3.- Estimativa de Demanda

Para estimativa da demanda da localidade, poderão ser considerados os índices apresentados para os fatores de carga de acordo com o número de consumidores indicados na **tabela 1**.

2.5.4.- Classes de Consumidores

Para consumidores de mesma classe (residenciais, comerciais) ou consumidores especiais a serem ligados em alta tensão, deverá ser consultado estudo sobre **fatores de carga e de demanda típicos de consumidores ligados em Alta Tensão** - ver Anexo IV.

Tabela 1 – Fatores de Carga

Nº de consumidores por classe	Fator de Carga (%)
Até 150	30
De 151 a 500	35
De 501 a 1000	40
De 1001 a 2000	45
De 2001 a 5000	50
De 5001 a 10000	55
Acima de 10000	60

2.5.5.- Período de Previsão

Dependendo da situação da área considerada, deverá ser efetuada previsão para 5 ou 10 anos.

2.5.6.- Taxa Anual de Crescimento

A estimativa da taxa anual de crescimento do sistema deverá ser baseada no crescimento do consumo por classe, característico da região.

2.5.7.- Tabela de fatores de demanda.

A **tabela II** fornece o fator de multiplicação para determinação de demanda e consumo em função da taxa de crescimento e períodos considerados.

Tabela II – Fatores de Multiplicação da Demanda

N ^o de Anos	Tabela de Crescimento Anual									
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
5	1,051	1,104	1,159	1,216	1,276	1,338	1,402	1,469	1,538	1,610
10	1,104	1,218	1,343	1,480	1,628	1,790	1,967	2,158	2,367	2,593

2.5.8.- Observações

Nos casos em que a área considerada apresentar características de crescimento imediato superior ao máximo acima indicado (por exemplo: demanda reprimida), deverá ser feita uma análise e estudo mais apurado para definir a taxa de crescimento.

2.6. – PLANEJAMENTO DE REDE URBANA PRIMÁRIA.

2.6.1.- Critérios Gerais

Com critério geral, são recomendados os seguintes números de alimentadores para as cargas especificadas por localidade:

Até 1000 kVA	- 1 alimentador
De 1000 kVA a 3000 kVA	- 2 alimentadores
De 3000 kVA a 6000 kVA	- 3 alimentadores
De 6000 kVA a 10000 kVA	- 4 alimentadores

O desenvolvimento do sistema deverá ser radial, com recurso (anel aberto), operando sob tensão nominais de 13,8 kV, 11,4 kV.

2.6.2.- Demanda superior a 1500 kVA

Para consumidores com demandas superiores a 1500 kVA, recomenda-se a previsão de um alimentador independente da rede de distribuição da cidade.

2.6.3.- Demanda superior a 10000 kVA

Para localidade com cargas superiores a 10000 kVA de demanda máxima, deverá ser feito estudo à parte.

2.6.4.- Traçado de alimentadores

No traçado de alimentadores deverão ser observados os seguintes critérios :

- aproveitamento máximo do sistema existente;
- posicionamento o mais próximo possível das cargas (otimização de tensão);
- evitar mudanças constantes de direção, perseguindo pequenas concentrações de carga;
- desenvolvimento dos alimentadores coerentes com o sentido de desenvolvimento da cidade;
- as ruas e avenidas escolhidas para o seu trajeto deverão estar bem definidas e o traçado já aprovado pela Prefeitura;
- os ramais primários que derivam do alimentador devem ser, de forma geral, paralelos;
- obedecer a seqüência das fases desde a S/E;
- quando não for possível obedecer a seqüência de faz, por mudança de lado da posteação, deverá ser afixado placa indicativa em pontos estratégicos.

2.6.5.- Previsão de interligação de alimentadores

Sendo necessário mais de um alimentador, deverá ser prevista a interligação dos mesmos para manobras de emergências, através de chaves seccionadoras, que permitam a transferência de carga de um para outro.

2.6.6 – Posicionamento da interligação

O posicionamento de interligação e chaveamento de alimentadores deverá ser de tal forma que favoreça a confiabilidade dos consumidores especiais, tais como, hospitais, torres repetidoras, bombas d'água, laticínios, etc.

2.7 – PLANEJAMENTO DE REDE SECUNDÁRIA

O desenvolvimento da Rede Secundária deverá ser radial ou reticulado, operando nas tensões 220/127 V para circuitos trifásicos e bifásicos e 127 V para circuitos monofásicos.

2.7.1.- Circuitos secundários

Os circuitos secundários deverão ser planejados de acordo com as combinações das bitolas dos condutores apresentados na tabela a seguir, considerando-se os trechos principais, perpendiculares e paralelos dos mesmos, observando-se, entretanto , os limites de queda de tensão recomendados.

Tabela III - Bitola dos Condutores

Tipo de Zona	Rede Secundária – CA .(interior)		
	Circuito Correspondente ao Transformador		
	Principal	Perpendicular	Paralelo
C (baixo)	3 # 2/0 (2) 2C	3 # 2 (2) 2C	3 # 2(2) 2C
B (médio)	3 # 2/0 (2) 2C	3 # 2 (2) 2C ou 3 # 2/0 (2) 2C	3 # 2(2) 2C
A (alto) Centro de cidade	3 # 4/0 (2/0) 2C	3 # 2/0 (2) 2C ou 3 # 4/0 (2/0) 2C	3 # 2(2) 2C ou 3 # 2/0 (2) 2C
Tipo de Zona	Rede Secundária de Cobre (litoral)		
	Circuito Correspondente ao Transformador		
	Principal	Perpendicular	Paralelo
C (baixo)	3 # 2 (4) 4C	3 # 4 (4) 4C	3 # 4 (4) 4C
B (médio)	3 # 2 (4) 4C	3 # 4 (4) 4C ou 3 # 2 (4) 4C	3 # 4 (4) 4C
A (alto) Centro de cidade	3 # 2/0 (2) 4C	3 # 2 (6) 4C ou 3 # 2/0 (2) 4C	3 # 2 (4) 4C ou 3 # 2/0 (2) 2C

2.7.2.- Número de fases.

O número de fases, inicialmente deve-se restringir ao mínimo necessário com base na previsão de carga, ficando a complementação das mesmas destinada a atender futuros aumentos de carga conseguindo-se, desta forma, um projeto mais econômico.

2.7.3.- Extensão de rede.

Em casos de extensão de redes, quando a carga inicial não o exigir, o circuito secundário deverá permanecer sem barramento.

2.8.- VIABILIDADE DE PROJETO

A correta verificação da viabilidade técnica de execução de um projeto é de grande importância, pois evita que ocorram imprevistos por ocasião da execução da obra, provocando modificações no projeto original, com conseqüente alteração do custo da obra.

2.8.1.- Estudo da viabilidade do projeto

Deverão ser observados no campo, durante o estudo de viabilidade, os seguintes itens, e anotados na própria planta, de maneira destacada e com clareza :

- Largura do passeio;
- Sacadas ou marquises de casas e prédios, garagens, portas de lojas, anúncios luminosos, janelas (estudar as dimensões livres para não interferir com a rede);
- Galerias de águas pluviais, redes de água, gás, e esgotos subterrâneos que interfiram no projeto (manter contatos com a prefeitura quando impossível observar);

- Obstáculos existentes, árvores no eixo da rede, buracos causados por erosões e elevações ou abaixamento no terreno que influam na locação e/ou número de postes;
- Existência de rede telefônica e suas caixas muflas, assinalando pontos de interferência com a mesma;
- Idem, para linhas do Telégrafo Nacional e outras linhas existentes;
- Existência de praças ou logradouros públicos, para evitar a localização de postes nas mesmas;
- Pontos de tomada de ramal de serviço primário, (se há necessidade de alteração na entrada do consumidor ou na localização do poste);
- Existência de muflas, primárias e secundárias;
- Transferência do consumidor de alta tensão para baixa tensão, neste caso verificar:
 - ✓ Carga instalada;
 - ✓ Existência de máquina de solda;
 - ✓ Programa de aumento de carga do consumidor.
- Locação provável do transformador, neste caso, verificar:
 - ✓ Facilidade de instalação e retirada;
 - ✓ Operação de chave corta-circuito;
 - ✓ Local seguro e livre de qualquer interferência.
- O melhor lado para localização da posteação, considerando os futuros projetos que possam vir a ocorrer na área;
- Existência de postos de gasolina que interfiram com a localização dos postes, contudo, somente essa interferência não justifica a alteração do projeto;
- Travessias a serem projetadas, analisar cuidadosamente os detalhes construtivos;
- Contatos com órgãos públicos sobre melhoramentos futuros no local.

2. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

3.1.– CONDUTORES PRIMÁRIOS

As seções mínimas dos condutores a serem utilizados nos circuitos primários, atendidos os requisitos elétricos e mecânicos, são as seguintes:

- para condutores de cobre : $21,15 \text{ mm}^2$ (nº4 AWG);
- para condutores de alumínio : $32,9 \text{ mm}^2$ (nº 2AWG)

As seções padronizadas e recomendadas estão indicadas na **Tabela IV**.

Tabela IV – Condutores Padronizados (Rede Primária)

Condutores	Cabo AWG ou MCM	Cabos Seção mm ²	OBS
Cobre	4 ; 2 ; 2/0; 4/0	21,15; 33,63; 67,44; 107,20	Litoral
Alumínio CA	2; 2/0; 4/0; 336,4	32,96; 66,09; 105,06; 170,50	Interior

3.1.1.- Tensionamento

A solicitação máxima dos condutores não deve ultrapassar 1/3 da resistência de ruptura do material, considerando a temperatura de 0^o C e pressão do vento equivalente a 20 kg/m² (condutores de seção circular). O tensionamento será de acordo com as tensões de projeto indicadas no item 3.10, conforme prescrição da PB-46/ABNT, para circuitos primários e secundários.

3.1.2.- Disposição dos condutores

Será horizontal.

3.1.3.- Afastamentos Mínimos

De acordo com desenhos anexos V, VI, VII e VIII.

3.2.– CONDUTORES SECUNDÁRIOS

As seções mínimas dos condutores a serem utilizados nos circuitos secundários, atendidos os requisitos elétricos e mecânicos, são as seguintes :

- para condutores de cobre : 21,15 mm² (n^o 1 AWG);
- para condutores de alumínio : 32,96 mm² (n^o2 AWG).

As seções padronizadas recomendadas estão indicadas na **Tabela V**.

3.2.1.- Tensionamento

Conforme item **3.10.1**.

3.2.2.- Disposição dos Condutores

Será vertical.

Tabela V – Condutores Padronizados (Rede Secundária)

Tipo de Condutor	Cabo AWG ou MCM	Cabo Seção mm ²	OBS
Cobre	4 ; 2 ; 2/0	21,15; 33,63; 67,44	Litoral
Alumínio	2 ; 2/0 ; 4/0	32,96; 66,09; 105,06	Interior

3.2.3.- Afastamento Mínimos

Conforme ítem 3.1.3

3.3.- CALCULO DA DEMANDA DO TRANSFORMADOR

Para o cálculo de demanda deverão ser observados os seguintes critérios :

3.3.1.- Demanda diversificada

Determinar a demanda diversificada média de todos os consumidores servidos por um transformador. Estes valores classificados para as diferentes zonas de uma cidade e diferentes números de consumidores estão determinados na **Tabela VI – Demanda Diversificada**.

3.3.2.- Demanda de Motores

No caso de motores, o fator de demanda varia de acordo com a potência instalada e quantidade de motores utilizados. Para a sua determinação deverão ser utilizados as **Tabelas VII e VIII** em anexo – **Anexo IX e X**.

3.3.3.- Fatores de Correção

Para o **fator de correção sazonal**, recomenda-se, adotar 20% de correção.

Quando houver necessidade de **correção de demanda** devido a queda de tensão, recomenda-se que a mesma seja aplicada à menor das tensões das pontas do secundário, adotando-se valores corretivos entre 5% e 20%.

Tabela VI – Demanda Diversificada em kVA

Nº de consumidores no circuito	Classe de consumidores		
	Tipo C (baixa)	Tipo B (média)	Tipo A (alta)
1 a 5	0,300	0,600	3,000
6 a 10	0,235	0,435	1,600
11 a 15	0,225	0,370	1,160
16 a 20	0,215	0,345	0,940
21 a 25	0,210	0,330	0,870
26 a 30	0,205	0,320	0,720
31 a 40	0,205	0,315	0,640
41 ou +	0,200	0,300	0,600

3.4.- TRANSFORMADORES

3.4.1.- Potências Padronizadas

Para projetos iniciais, deverão ser observadas as seguintes potência padronizadas : 15; 30; 45 e 75 kVA.

A utilização de transformadores de 112,5 kVA somente é justificada quando a concentração de carga no poste do transformador é grande. Caso contrário, será sempre preferível mais transformadores e rede mais leve.

3.4.2.- Transformadores de Distribuição

Os transformadores de distribuição serão trifásicos na classe de 15 kV, com o primário em triângulo, e secundário em estrela, com neutro acessível e relações de tensões nominais sem carga prevista para as seguintes ligações :

- ✓ 13800/13200/12600/12000 V e 220/127
- ✓ 13800/13200/12600/12000
- ✓ e religável para 11400/10800/10200/9600 e 220/127 V.

3.4.3.- Critério Geral

Como critério geral, os transformadores deverão ser instalados no centro geométrico de suas áreas de influência, considerando que nas zonas urbanas a distribuição das carga tende a se uniformizar com o tempo.

3.4.4.- Locação dos transformadores

Os transformadores deverão ser locados de maneira que, em nenhum caso, o comprimento do circuito secundário exceda a 350 ou 400 metros.

3.4.5.- Pequenas densidades de carga

Para pequenas densidades de carga, inicialmente recomenda-se projetar circuitos secundários nas extensões máximas permitidas. Deste modo, haverá possibilidade de se intercalar pelo menos um transformador, entre os pares de transformadores existentes na rede primária, evitando-se reformas no circuito.

3.4.6.- Instalações de postes.

Neste caso(item anterior), deverão ser previstas as instalações de postes de 11m e 400 kg para a instalação de futuros transformadores, adotando-se o seguinte critério :

- ✓ Um poste em todos os quarteirões para centros e bairros tipo A;
- ✓ Um poste em quarteirões alternados nos bairros tipo B e C.

Observação :Os postes de 11/400 devem ser instalados com o fio terra.

3.5.- CÁLCULO ELÉTRICO

3.5.1.- Introdução

O cálculo elétrico para circuitos primários e secundários deverá ser elaborado pelo Método da Máxima Queda de Tensão Admissível, para as condições iniciais estabelecidas no item **3.5.2.**, respeitando-se o limite térmico dos condutores.

3.5.2.- Limites de Queda de Tensão

Serão admissíveis os seguintes limites máximos de queda de tensão inicial:

- a - Circuitos primários – 5%;
- b - Circuitos Secundários :

- b.1. Trifásicos – 3,5%
- b.2. Bifásicos – 5,0%
- b.3. Monofásicos – 6,0%

3.5.3.- Circuito Primário

Em qualquer ponto de rede primária considerada, a queda de tensão calculada não deverá ser superior a +5% e -7,5% (de acordo com a portaria 047);

Deverão ser considerados os circuitos primários dos alimentadores desde a subestação, com todas as derivações primárias e todos os pontos de carga, representados pelos transformadores;

Havendo mais de um alimentador, deverá ser considerada a interligação entre os mesmos, para que não haja, em casos de manobra, inconveniência por adicionamento temporário de cargas, que tornam precárias as seções dos mesmos;

O cálculo de queda de tensão primária deverá ser elaborado, utilizando-se os valores constantes da **Tabela IX**.

Tabela IX

Cruzeta – 2400 mm; Espaçamento equivalente – 1350 mm; FP = 0,8						
Condutor		Ω/km 50° C	XΩ/km 60 Hz	V% (MVA x km)		
Tipo	AWG /MCM			11 kV	13,2 kV	13,8 kV
C	4	0,934	0,489	0,860	0,597	0,546
O	2	0,594	0,465	0,623	0,433	0,396
B	2/0	0,299	0,441	0,416	0,289	0,265
R	4/0	0,188	0,423	0,354	0,232	0,212
E						
C	4	1,529	0,496	1,257	0,873	0,799
A	2	0,963	0,467	0,869	0,603	0,552
A	2/0	0,479	0,441	0,535	0,372	0,340
A	4/0	0,302	0,424	0,410	0,285	0,260
	336,4	0,190	0,402	0,325	0,226	0,207

3.5.4.- Rede Secundária

Para efeito de cálculo elétrico, deverão ser considerados 2 casos distintos :

- **extensão de rede ;**
- **melhoria de rede.**

Como método geral para a determinação das demandas e queda de tensão de rede secundárias, recomenda-se adotar o seguinte procedimento :

a – Extensão de Rede :

- a.1 Estimar a demanda diversificada média em função da classe de consumidores;

- a.2 Para consumidores com previsão de carga de força, a demanda deverá ser determinada aplicando-se o “fator de redução” em função do número de motores fornecidos pela tabela VII e pela tabela VIII “fator de redução” em função do número de consumidores previstos, para o mesmo circuito do transformador;
- a.3 Nas extensões de rede sem iluminação pública, se a rede for incompleta não será considerada a carga futura de Iluminação Pública. Se a rede for completa será considerada a carga de 150W por ponto de luz. Entretanto, se ao dimensionar a carga adicional para o transformador (existente ou proposto), deve-se descontar a carga de Iluminação Pública apenas considerada para efeito de cálculo elétrico;
- a.4 Nas extensões de rede com Iluminação Pública, deverá ser considerada a carga de Iluminação Pública efetivamente prevista;
- a.5 Determinada a demanda de todos os consumidores por transformador, deverá ser preenchido o impresso denominado “Cálculo de Queda de Tensão”, utilizando-se dos valores fornecidos pelas tabelas X, XI e XII – Anexos XI e XII .

Observações:

- 1- Nos casos onde as cargas diurnas (geralmente de força) sejam consideráveis deverão ser feitos cálculos de queda de tensão, tanto diurno como noturno, comparados os condutores trecho por trecho, para serem adotados os de maior bitola;
- 2- No caso de estarem previstas máquinas de solda e aparelhos de raio X, para a determinação de suas demandas deverão ser observadas as especificações para instalação desses equipamentos.

Tabela X – Queda de Tensão em Percentagem para 100 kVA x m ou 1 kVA x 100m

Cos Ψ = 1				Cos Ψ = 0,8 e.e = 252mm (*)		
Condutor n ^o AWG ou Cobre	Sistema trifásico a 3 ou 4 fios 127/220V	2 Fases e Neutro de um sistema trifásico. 127/220V	Sistema Monofásico a 2 fios 127V	Sistema trifásico a 3 ou 4 fios 127/220V	2Fases e neutro de um sistema trifásico. 127/220V	Sistema monofásico a 2 fios 127V
4 fios	0,176	0,475	1,056	0,232	0,604	1,392
4 - Cabo	0,193	0,434	1,158	0,200	0,449	1,184
2	0,113	0,342	0,678	0,1661	0,460	0,997
2/0	0,0562	0,1706	0,3370	0,1052	0,281	0,631

(*) – Obs: e.e.= espaçamento equivalente.

b – Melhoria de Rede:

- b.1** Avaliar a demanda baseada nas medições elétricas feitas no circuito existente, objeto de reforma, cujas características das cargas vão ser utilizadas no dimensionamento dos novos circuitos resultantes da melhoria.
- b.2** Efetuar medições de tensão e corrente nas três fases, nos bornes da baixa tensão dos transformadores de distribuição e medições de tensão nos fins de linha dos circuitos secundários.
- b.3** Se houver sobrecarga de 30% ou mais nos transformadores, recomenda-se a substituição dos mesmos por outro de maior potência ou desmembramento do circuito em questão. As demais condições constam da tabela XII.
- b.4** Para a queda de tensão superior a 10% (na prática 8,6%), deverão ser substituídos os condutores por outros de bitola superior ou deverá ser efetuado o desmembramento da carga do circuito.
- b.5** Determinar a demanda individual dos consumidores especiais, totalizando-as para cada transformador.
- b.6** Deduzir a demanda medida, o total das cargas especiais e a carga de iluminação pública.
- b.7** Aplicar o fator de correção sazonal para compensar a possibilidade de que a demanda medida não corresponda à máxima do ano e o fator de correção de tensão, extraídos dos gráficos 1 e 2, caso seja necessário.- Anexos I e II.
- b.8** Determinar, o valor da demanda diversificada média por consumidor, dividindo-se a demanda encontrada pelo número de consumidores ligados no transformador.
- b.9** Para consumidores especiais, a demanda a ser considerada para o cálculo de queda de tensão deverá ser a demanda diversificada média por consumidor, mais a demanda individual de carga especial.

Tabela XII - Ponta de carga em múltiplos de valores nominais para a vida provável normal

Tempo de duração da ponta de carga (hora)	Transformadores de Distribuição com resfriamento natural, temperatura ambiente : 40 °C		
	Carga contínua equivalente, em percentagem da potência nominal, precedendo a ponta de carga		
	50%	70%	90%
½	1,70	1,60	1,46
1	1,41	1,32	1,20
2	1,23	1,16	1,08
4	1,05	1,04	1,00

3.6.- PROTEÇÃO E MANOBRA

3.6.1.- Tensão nominal dos pára-raios

Os pára-raios serão do tipo válvula, tensão nominal 12kV e 15kV, respectivamente, para 11,4kV e 13,8kV.

3.6.2.- Previsão dos pára-raios

Deverão ser previstos pára-raios em todos os transformadores

3.6.3.- Proteção de Circuitos Primários

De uma maneira geral, os circuitos primários de distribuição são protegidos individualmente, por disjuntores comandados por relés de sobrecorrentes de fase e terra

3.6.4.- Proteção de Ramais

Os ramais extensos, e de acordo com a importância da carga ligada, deverão ser protegidos por religadores, seccionadores ou chaves fusíveis.

3.6.5.- Ligação do trafo/Terra.

Todos os transformadores deverão ter o ponto neutro e o tanque ligados à terra, com uma resistência em torno de 10 ohms (10Ω) e nunca superior a 20 ohms (20Ω), em qualquer época do ano.

3.6.6 – Trafos protegidos por pára-raios

Nos transformadores protegidos por pára-raios a ligação à terra deverá ser comum aos pára-raios e ao ponto neutro. Havendo condutor neutro secundário ou primário no poste, ele também deve ser ligado ao eletrodo de terra.

3.6.7.- Interligação do neutro.

Em áreas urbanas, todos os neutros devem ser interligados e aterrados pelo menos de 300 em 300 metros.

3.6.8.- Proteção da rede Secundária

Não deverá haver ponto de circuito secundário afastado mais de 200 metros de um terra. Além desses aterramentos, para se obter uma maior proteção, é aconselhável projetar alguns poços de terra em lugares convenientes, com resistência máxima de 3 ohms (3Ω). A quantidade de poços será função do número de postes da rede, sendo um poço para cada 200 postes ou fração.

3.6.9.- Saídas de Linhas Rurais

Nas saídas de linhas rurais, derivadas da rede primária de uma localidade urbana, deverá ser prevista, além da instalação de chaves fusíveis indicadoras a instalação de pára-raios.

3.6.10 – Proteção dos transformadores

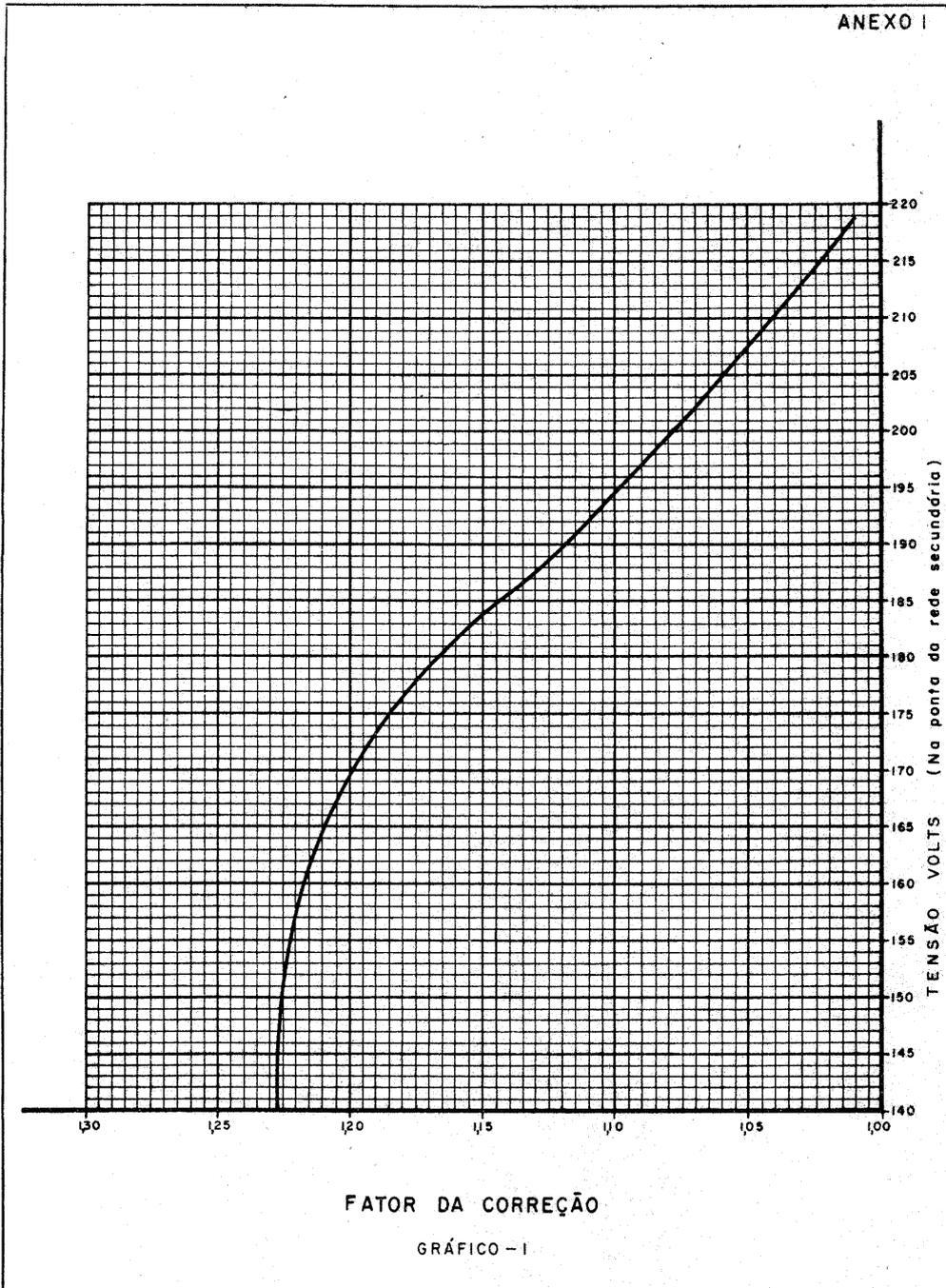
Todos os transformadores deverão ser protegidos através de chaves fusíveis indicadores, com elos fusíveis de amperagem adequada à potência do transformador, conforme tabela XIII.

3.6.11 – Chaves Corta-circuitos

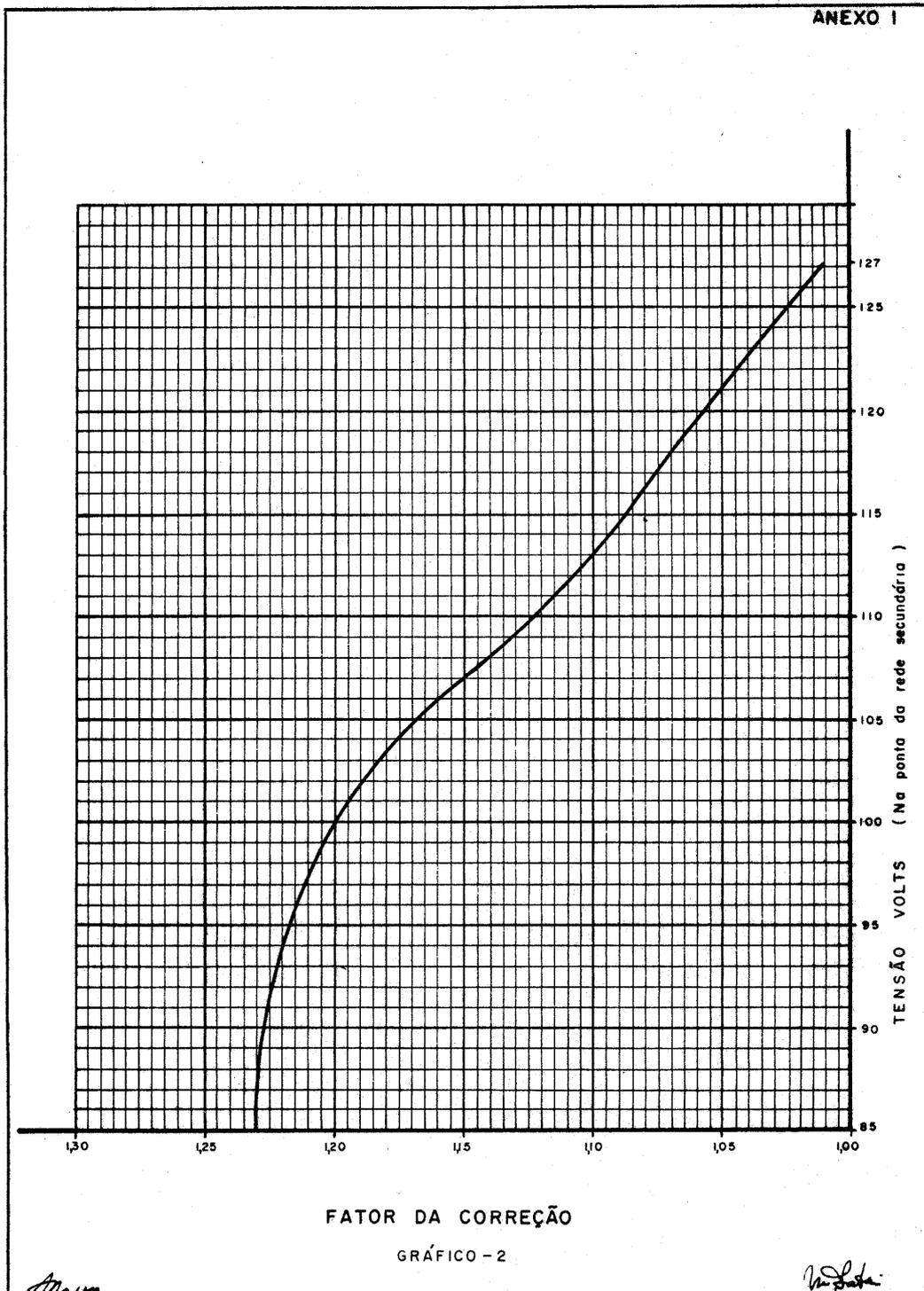
As chaves corta-circuitos de 50 A serão de abertura sem carga e as de 100 A serão de abertura com carga.

Transformador trifásico Potência (kVA)	Elo fusível tipo H ou K		Corrente Permanente	C. Admissível em ampères	Corrente Nominal da Chave Corta-Circuito
	13,8kV	11,4kV			
10	2H	2H	2	2	50 A
15	2H	2H	2	2	50 A
30	2H	3H	2	3	50 A
45	3H	5H	3	5	50 A
75	5H	6K	5	9	100 A
112,5	6K	6K	9	9	100 A
150,0	8K	8K	12	12	100 A

ANEXO I



ANEXO II



ANEXO III

Critérios para Planejamento de Redes em áreas arborizadas ou com previsão de arborização

Para a perfeita exeqüibilidade do projeto da rede de distribuição aérea numa localidade, deve-se considerar além das prescrições desta norma, a existência de plano de arborização municipal.

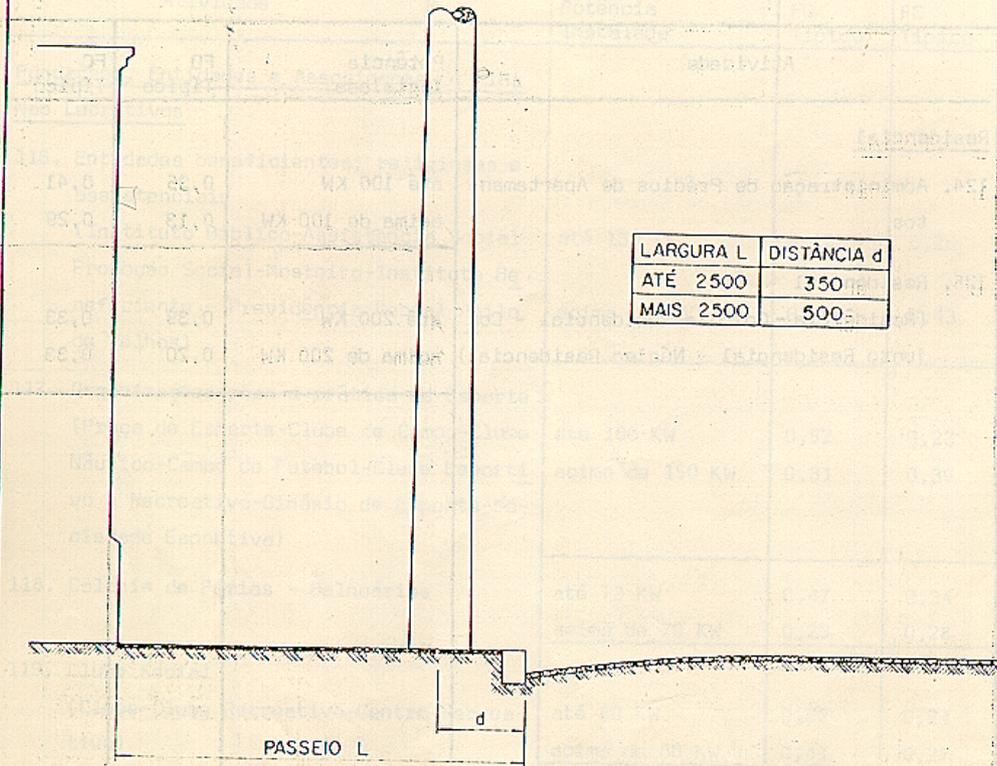
Deste modo recomenda-se :

1. Durante a atualização do cadastro da localidade, sejam observadas e anotadas em planta a arborização existente;
2. Para os arruamentos sem arborização definida, seja efetuada consulta à Prefeitura Municipal local, solicitando definição quanto à áreas a serem arborizadas a médio e longo prazo, bem como, estabelecer os lados dos arruamentos mais convenientes à expansão da rede.

A adoção deste critério visa uma melhor preservação das áreas verdes. Permite uma melhor operação do sistema, bem como facilita os serviços de manutenção.

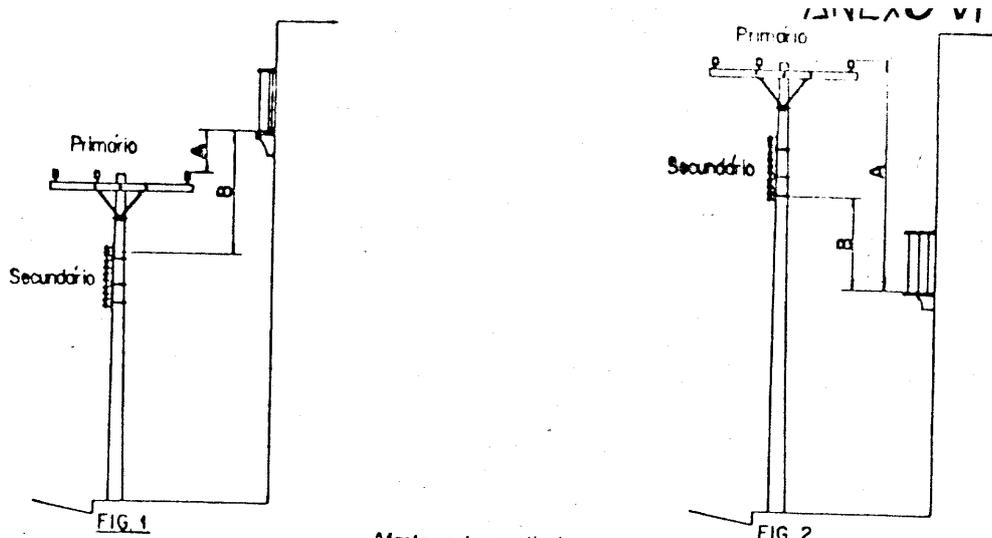
ANEXO IV

ANEXO V

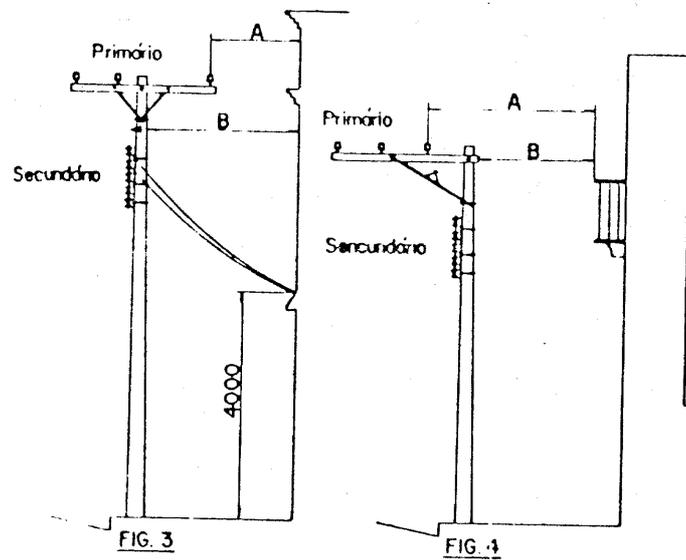


NOTAS

- 1) - No estudo das estruturas foram obedecidos os afastamentos mínimos admissíveis para circuitos num mesmo poste.
- 2) - Entre condutores de postes diferentes, com tensões até 15 kV, o afastamento mínimo aconselhável é de 900mm.
- 3) - Os condutores de baixa tensão deverão distar, no mínimo, 1200mm do parapeito de sacadas ou janelas. Quando necessário, deverão ser usados afastadores apropriados, para se conseguir essa distância.
Não havendo sacadas ou janelas, geralmente os espaçadores poderão ser dispensados, qualquer que seja a largura do passeio, já que as amarrações secundárias são, exceto nos casos especiais, instalados do lado da rua.
- 4) - Para afastamentos mínimos entre condutores e edifícios, ver desenho  ANEXO VI



Afastamento vertical entre o piso da sacada e os condutores.

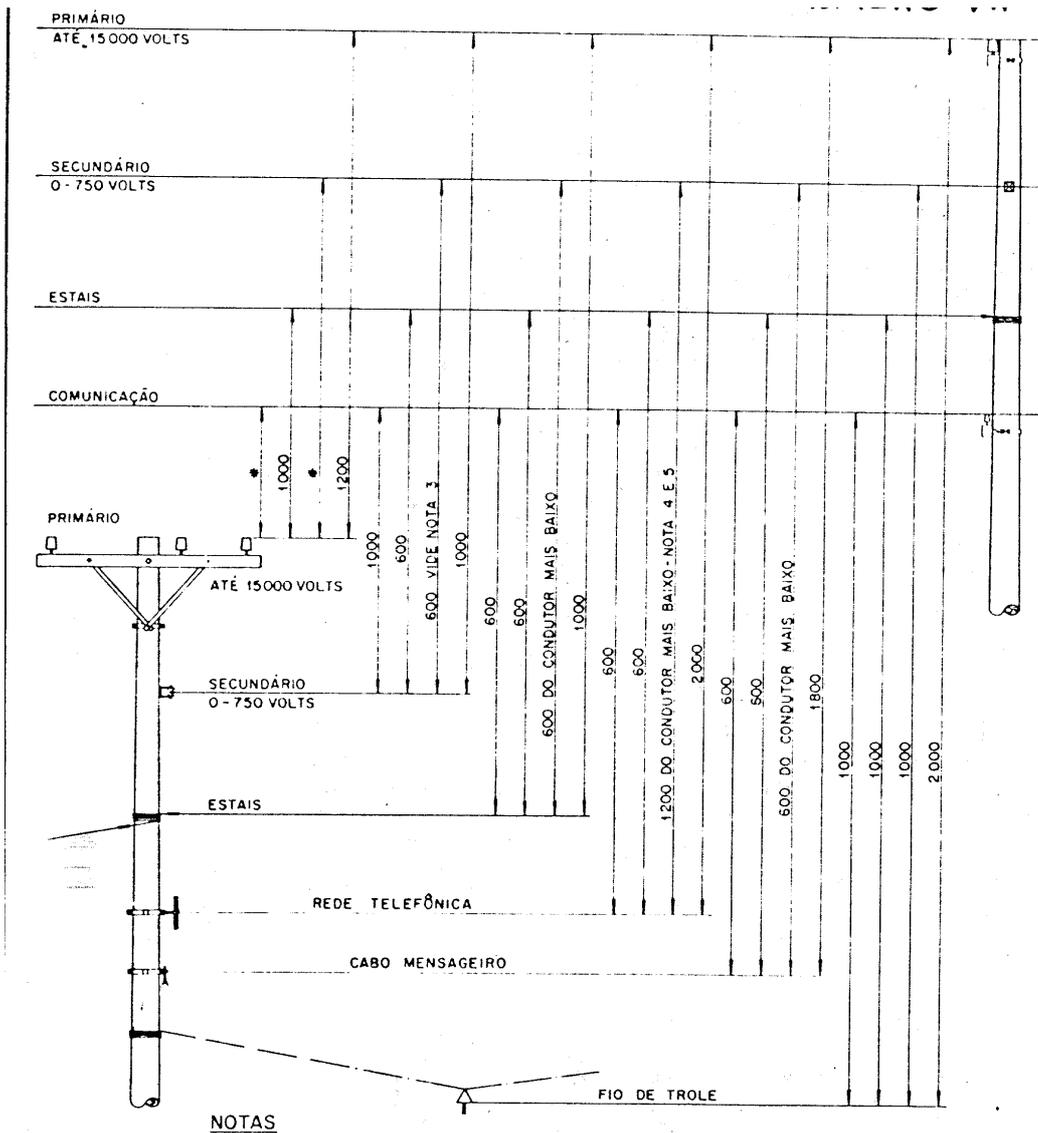


Afastamento horizontal entre os condutores e a parede dos edifícios.

Afastamento horizontal entre os condutores e as sacadas dos edifícios.

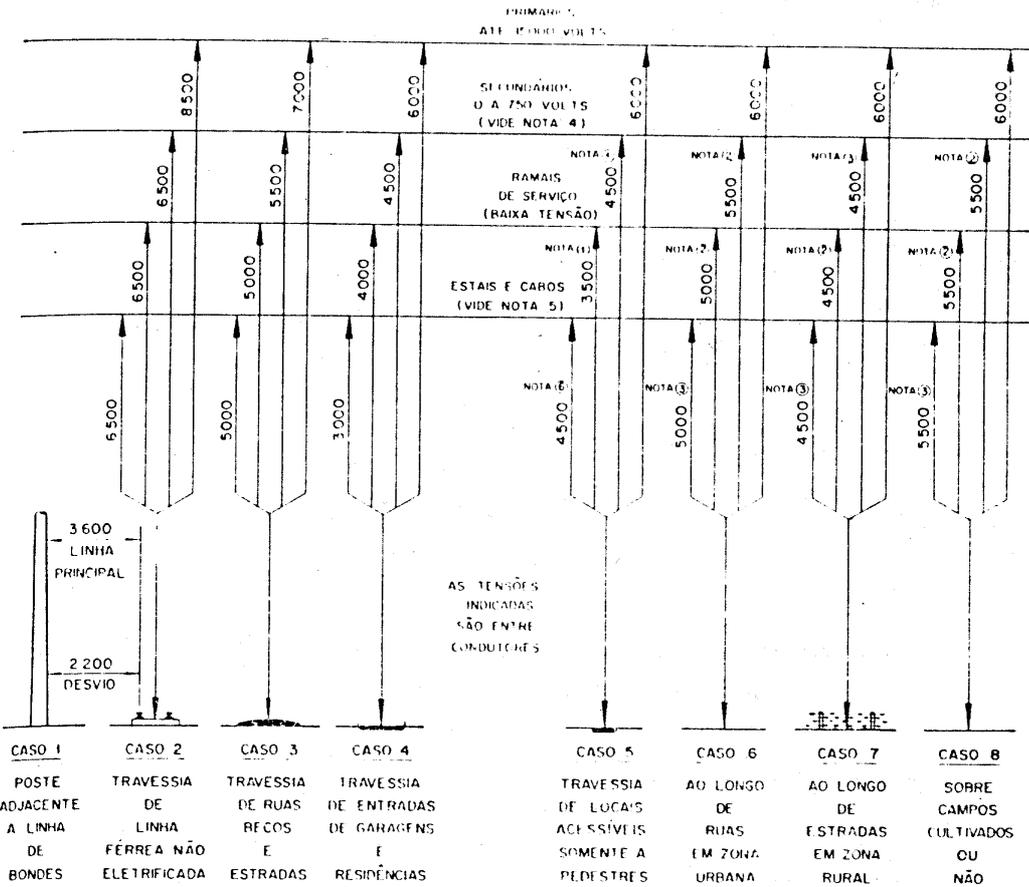
TABELA DOS AFASTAMENTOS				
Fig n°	Só Prim	Só Sec	Primário e Secundário	
	A	B	A	B
1	1000	500	1000	—
2	3000	2500	—	2500
3	1000	1000	1000	—
4	1500	1200	1500	1200

- 1)- Se os afastamentos verticais das fig 1 e 2 não puderem ser mantidos, exige-se o afastamento horizontal da fig 4.
- 2)- Se o afastamento vertical entre os condutores e as sacadas ou janelas exceder as dimensões das fig 1 e 2, não se exige afastamento horizontal da borda da sacada ou janela, porém o afastamento da fig 3 deve ser mantido.
- 3)- Se não for possível manter os afastamentos especificados neste desenho, todos os condutores cuja tensão exceda a 300V deverão ser protegidos de modo a evitar contacto acidental por pessoas em janelas, sacadas, telhas das ou cimalthas
- 4)- Os afastamentos especificados neste desenho se aplicam a redes apoiadas em postes.



NOTAS

- 1) - * asterisco * indica que a linha de menor tensão não deve passar por cima da de maior tensão
- 2) - Quando a soma das distâncias do ponto de cruzamento aos postes mais próximos nas duas linhas exceder a 30 metros todos os afastamentos devem ser aumentados de 50 mm para cada 3 metros de excesso até 60 metros. Acima de 60 metros todos os afastamentos devem ser aumentados de 50 mm para cada 6 metros de excesso
- 3) - Condutores secundários eletricamente semelhantes e da mesma fonte, apoiados em armações secundárias, deverão se cruzar no mesmo nível sendo devidamente ligados no cruzamento
- 4) - Para o secundário com tensão inferior a 250 V a CTB admite mínimo de 500 mm e a EBCT 1200 mm.
- 5) - Para o secundário com tensão superior a 250V e inferior a 750V, a EBCT admite o mínimo de 1500 mm.



NOTAS

- 1) - Na entrada dos prédios, pode-se reduzir para 4 metros
- 2) - Se a área sob a linha for acessível somente a pedestres, pode-se reduzir para 4 metros
- 3) - Para estais de âncora que não atravessam ruas, estradas, entradas de prédios, etc não se exige afastamento do solo
- 4) - O condutor neutro efetivamente aterrado poderá ter os afastamentos especificados para o secundário
- 5) - Os afastamentos especificados aplicam-se a cabos com capa metálica contínua. Para outros tipos de cabo, aplicam-se os afastamentos especificados para circuitos abertos da mesma tensão
- 6) - Para estais, este afastamento pode ser reduzido a 2,40 metros
- 7) - E B C T recomenda afastamento mínimo horizontal de 1000mm em relação aos condutores de energia elétrica até 250 volts

Tabela VII – Fator de Simultaneidade

Potência em CV	Equivalência em kVA	Demanda Individual (kVA)			
		Número de motores			
		1	2	3 a 5	Mais de 5
1/6	0.50	0.45	0.39	0.34	0.30
1/4	0.70	0.55	0.48	0.45	0.42
0.27	0.77	0.69	0.60	0.52	0.46
0.45	1.00	0.89	0.77	0.67	0.60
1/2	1.14	1.01	0.88	0.77	0.67
0.70	1.30	1.15	1.00	0.87	0.77
3/4	1.40	1.24	1.07	0.94	0.83
1.00	1.70	1.43	1.29	1.13	0.89
1.10	1.90	1.67	1.44	1.25	1.11
1.50	2.40	2.02	1.80	1.57	1.39
2.00	3.10	2.60	2.30	2.00	1.78
2.50	3.80	3.21	2.88	2.44	2.16
3.00	4.50	3.78	3.34	2.89	2.56
3.50	5.10	4.30	3.77	3.24	2.91
4.00	5.80	4.65	3.95	3.71	3.31
4.50	6.30	5.00	4.30	4.00	3.60
5.00	6.80	5.35	4.65	4.14	3.54
5.50	7.40	5.70	4.96	4.36	3.85
6.00	8.00	6.05	5.38	4.71	4.16
6.50	8.60	6.45	5.75	5.10	4.50
7.00	9.20	6.90	6.20	5.54	4.80
7.50	9.80	7.35	6.60	5.80	5.10
8.00	10.40	7.80	6.90	6.15	5.40
8.50	11.0	8.25	7.40	6.50	5.73
9.00	11.60	8.70	7.70	6.90	6.10
9.50	12.20	9.15	8.00	7.20	6.30
10.00	12.80	9.60	8.30	7.40	6.55
10.50	13.40	9.10	8.60	7.50	6.80
11.00	14.00	9.40	8.90	7.85	7.00
11.50	14.60	9.80	9.10	8.20	7.30
12.00	15.20	10.20	9.50	8.50	7.60
12.50	15.70	10.50	9.75	8.80	7.85
13.00	16.30	10.90	10.00	9.20	8.20
13.50	16.90	11.30	10.30	9.50	8.50
14.00	17.50	11.90	10.80	9.80	8.75
14.50	18.10	12.30	11.20	10.20	9.00
15.00	18.70	12.70	11.40	10.50	9.30
20.00	24.60	16.40	14.80	13.60	12.30
25.00	30.00	20.30	18.20	16.80	15.20
30.00	36.00	24.80	21.80	19.90	18.00
40.00	46.00	30.60	27.60	25.40	23.00
50.00	60.00	40.00	36.00	33.10	30.00

ANEXO IX

Tabela VIII – Demanda Diversificada para Motores- Fator de redução

Nº de consumidores	Fator de redução para a demanda
1	1.00
2	0.92
3	0.86
4	0.82
5	0.79
6	0.77
7	0.75
8	0.74
9	0.73
10	0.72
11	0.72
12	0.72
13	0.72
14	0.71
15	0.71
16	0.71
17	0.71
18	0.71
19	0.71
20	0.70
21	0.70
22 ou mais	0.70

Tabela XI – Queda de Tensão

Condutores de Alumínio		
Sistema trifásico – V. Nominal 220V/127V		
Valores em % para kVA x 100 m		
Condutor AWG ou MCM	$\cos\phi = 1.00$	$\cos\phi = 0.80$
	3 fases e neutro e.e – 0,252 m (*)	
3 # 4 (4)	0.313	0.295
3 # 2 (2)	0.196	0.200
3 # 2/0 (2)	0.107	0.126
3 # 4/0 (2/0)	0.062	0.086
3 # 336,4 (2/0)	0.039	0.065
	2 fases e neutro e.e = 0,252 m	
2 # 4 (4)	0.831	0.784
2 # 2 (2)	0.653	0.637
	1 fases e neutro e.e = 0,20 m	
1 # 4 (4)	1.690	1.581
1 # 2 (2)	1.323	1.280

Obs - (*): e.e.- espaçamento equivalente

Tabela XI – Queda de Tensão

Condutores de Cobre		
Sistema trifásico – V.Nominal 220/127 V		
Valores em % para kVA x 100 m		
Condutor AWG	cos ϕ = 1.00	cos ϕ = 0.80
	3 fases e neutro e.e = 0,252 m	
3 # 6 (6)	0.280	0.339
3 # 4 (4)	0.176	0.232
3 # 2 (4)	0.113	0.1661
3 # 2/0 (2)	0.0562	0.1052
	2 fases e neutro e.e = 0,252 m	
2 # 6 (6)	0.630	0.765
2 # 4 (4)	0.475	0.604
2 # 2 (4)	0.342	0.460
	1 fases e neutro e.e = 0,20 m	
1 # 6 (6)	1.680	2.034
1 # 4 (4)	1.056	1.392
1 # 2 (4)	0.678	0.631

ANEXO XII

Fatores de Carga e de Demanda Típicos por Atividade

Consumidores ligados em Baixa tensão

Atividades	FD_{TÍPICO}	FC_{TÍPICO}
Laticínio	0.38	0.18
Fábrica de Roupas	0.29	0.16
Beneficiamento de Cereais	0.35	0.17
Carpintaria	0.28	0.11
Serraria	0.34	0.25
Fábrica de Plásticos	0.42	0.24
Fábrica de Bebidas	0.30	0.21
Fábrica de Calçados	0.32	0.30
Supermercado	0.55	0.54
Restaurante	0.39	0.19
Posto de Gasolina	0.51	0.49
Oficina Mecânica	0.28	0.27
Padaria	0.23	0.10
Hotel	0.27	0.28
Bar	0.60	0.44
Sorveteria	0.53	0.18
Ginásio, Estabelecimento de 2 ^o Grau	0.36	

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA

Portaria nº047 de 17 de Abril de 1978

Publicada no Diário Oficial da União no dia 26 de Abril de 1978.

Seção I – Parte I – páginas 5853 e 5854

O DIRETOR GERAL DO DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, no uso de suas atribuições, tendo em vista a competência legal deste Departamento para resolver sobre as condições técnicas e a qualidade do serviço de energia elétrica; e

Considerando ser imprescindível para a conceituação de serviço adequado o estabelecimento dos níveis de determinadas tensões e fornecimento de energia elétrica, bem como a definição dos limites de variações das tensões, em geral, a serem observadas pelas concessionárias de serviços públicos de eletricidade ;

RESOLVE :

Artigo 1º – O concessionário de serviço público de energia elétrica deve observar, quanto ás tensões de fornecimento de seus consumidores, os seguintes critérios:

I – quando do atendimento for feito em tensão de transmissão, subtransmissão ou primária de distribuição:

a . a tensão de fornecimento no ponto de entrega de energia pode ser fixada entre +5% (mais cinco por cento) e -5% (menos cinco por cento) com relação à tensão nominal do sistema;

b . os limites de variação da tensão de fornecimento no ponto de entrega de energia são os seguintes :

1 – até 30 de junho de 1980 : + 5% (mais cinco por cento) e – 10% (menos dez por cento), entendido este último como limite precário ;

2 – após 1º de julho de 1980 : +5% (mais cinco por cento) e - - 7,5% (menos sete e meio por cento), entendido estes como limites adequados

II- quando o atendimento for feito em tensão secundária de distribuição, os limites de variação da tensão de fornecimento no ponto de entrega de energia são os seguintes:

a . até 30 de junho de 1980 : os constantes do Quadro I (limites precários), anexo a esta Portaria;

b. após o 1º-de julho de 1980 : os constantes do Quadro II (limites adequados) anexo a esta Portaria.

- § 1º - Os limites de variação de que trata a alínea “b” do inciso I supra referem-se à tensão fixada nos termos da alínea “a” do mesmo inciso, ou na falta desta, com relação à tensão nominal do sistema.
- § 2º - Os limites de variação de que trata o inciso II supra referem-se à tensão nominal do sistema.
- § 3º - Caso, em atendimento em tensão secundária de distribuição, seja utilizada tensão nominal diferente das relacionadas nos Quadros anexos a esta Portaria, a concessionária deve solicitar ao DNAEE que fixe para essa tensão, limites de variação específicos.
- § 4º - Após 1º de julho de 1980 os limites precários (inciso I, alínea “b”, item I e inciso II, alínea “a” supra) só prevalecerão :
- a . para os efeitos do disposto no § 2º do Art. 3º .
 - b. em caso de manobra para transferência de carga, ou defeito em equipamento, com duração inferior a 5 (cinco) dias.

Artigo 2º - O concessionário deve verificar a tensão do fornecimento, por processo direto ou indireto:

I – sempre que solicitado pelo DNAEE, no ponto do sistema pelo período e no prazo requerido;

II – sempre que solicitado por escrito pelo consumidor, no correspondente ponto de entrega de energia, informando-o até 30 (trinta) dias após o recebimento da solicitação, do resultado apurado;

III – a seu critério periodicamente.

§ 1º - O DNAEE, ou consumidor, quando de sua solicitação, pode optar pelo emprego apenas de processo direto de verificação.

§ 2º - Por processo direto de verificação de tensão entende-se aquele em que se utilize aparelho indicador ou registrador. O concessionário deve dispor de aparelhos necessários à verificação direta da tensão.

§ 3º - Por processo indireto de verificação de tensão entende-se qualquer dos seguintes:

a . estudos analíticos de redes, utilizando ou não computador digital.

b . controle de redes pela aplicação de sistema computacional baseado em modelo estatístico matemático.

c . cálculo da tensão em função da carga, pelos métodos usuais de determinação de quedas de tensão em sistemas elétricos.

d . outros processos adotados pelo concessionário e considerados adequados pelo DNAEE.

Artigo 3º - Quando, em procedimento de verificação de tensão, forem constatados valores fora dos limites de variação a que se refere o Artigo 1º, o concessionário deve adotar as providências que se fizerem necessárias para a correção da tensão, ressalvo o disposto no parágrafo 3º deste artigo.

§ 1º - Concluídas as providências, deve ser efetuada nova verificação de tensão, cujo resultado será comunicado:

a . ao DNAEE, quando as verificações forem decorrentes de solicitação sua, no prazo por ele fixado para o caso;

b . ao consumidor, quando as verificações forem decorrentes de solicitação sua, no prazo de 90 (noventa) dias contados da data em que for prestada a informação a que alude o inciso II do artigo 2º , salvo autorização específica do DNAEE para adoção do prazo superior, em razão de justificativa apresentada pelo concessionário.

§ 2º - O prazo de que trata a alínea “b” do parágrafo anterior será dilatado para 360 (trezentos e sessenta) dias, independentemente de autorização do DNAEE, quando em verificação inicial, realizada após 1º de julho de 1980, forem registradas tensões fora dos limites adequados, porém dentro dos limites precários.

§ 3º - Caso, para a correção da tensão, seja necessário aumentar a geração térmica dependente de combustíveis derivados de petróleo, o concessionário deve submeter o assunto à apreciação do DNAEE, para que este resolva sobre o aumento e, se for o caso, fixe prazo específico para sua efetivação.

§ 4º - Quando em procedimento de verificação da tensão por solicitação do consumidor, forem constatados valores dentro dos limites adequados a que se refere o artigo 1º , o concessionário pode cobrar do solicitante o custo do serviço, de acordo com o que for indicado pelo DNAEE.

Artigo 5º - O concessionário deve organizar registros que indiquem, quanto às solicitações de verificação de tensão formuladas por consumidores, os seguintes dados:

I – data da solicitação;

II – ocorrência que determinarem a solicitação;

III – resultado de verificação efetuada pelo concessionário;

IV – data da informação do resultado ao consumidor;

V – providências tomadas para correção da tensão, se for o caso;

VI – resultado de verificação efetuada após as providências de que trata o inciso anterior, se for o caso;

VII – data da informação ao consumidor do resultado da verificação de que trata o inciso anterior, se for o caso;

Parágrafo Único – Os dados a que se refere este artigo devem ser mantidos nos registros por 12 (doze) meses a contar da data a que se alude o inciso IV, ou, se for o caso, da data a que alude o inciso VII supra.

Artigo 6º - As disposições da presente Portaria não se aplicam em caso de :

I – Variação momentânea de tensão, ocasionado por defeitos, manobras, alterações bruscas de carga ou perturbações similares;

II – Venda de energia em grosso para fins de revenda.

Artigo 7º - Os casos omissos e eventuais dúvidas relativas a execução do disposto nesta portaria devem ser submetidos à apreciação da Divisão de Controle de Serviços de Eletricidade do DNAEE.

Artigo 8º - Esta Portaria entrará em vigor 180 (cento e oitenta) dias após a data de sua publicação.

Luiz Carlos Menezes

Diretor Geral

**QUADRO I – Anexo à Portaria nº 047 de 17 de Abril de 1978 do Diretor geral do DNAEE
Limites Precários de Variação de Tensão - Consumidores Atendidos em Tensões Secundárias de Distribuição.**

Tensão nominal (volts)	Limites de Variação	
	Mínimo (volts)	Máximo (volts)
4 Trifásico 220/127 fios 380/220	189/109 327/189	233/135 403/233
2 Monofásico Ou 230/115 3 240/120 254/127 fios 440/220	206/103 /109 378/189	254/127 /135 466/233

**QUADRO II – Anexo à Portaria nº 047 de 17 de Abril de 1978 do Diretor geral do DNAEE
Limites Adequados de variação de Tensão – Consumidores Atendidos em Tensões Secundárias de Distribuição**

Tensão Nominal (Volts)	Limites de Variação	
	Mínima (Volts)	Máxima (Volts)
4 Trifásico 220/127 fios 380/220	201/116/(190/110*) 348/201	229/132 396/229
2 Monofásico 230/115 ou 254/127 440/220 3 240/120 fios 238/115	212/106 /110 402/201 216/108	242/121 /132 458/229 250/125

(*) Exclusivamente nos pontos da rede secundária em que as ligações entre fase e neutro