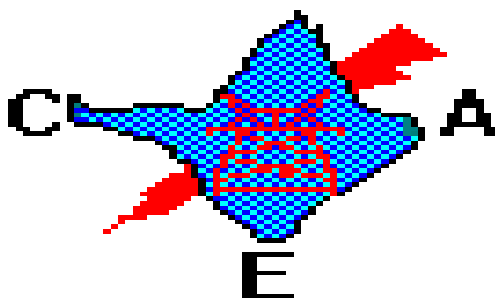


NTD - 04
Norma Técnica de Distribuição

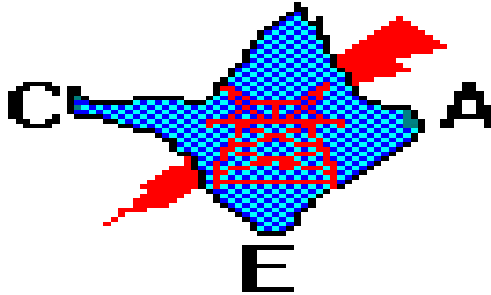


**Critérios para Projeto de
Redes Aéreas Urbanas Convencionais
(Redes Aéreas Nuas)**

1ª EDIÇÃO

Abril - 2007

DT – Diretoria Técnica
DEN – Divisão de Engenharia
SEEP- Seção de Estudos e Projetos



NTD - 04

Norma Técnica de Distribuição

Critérios para Projeto de Redes Aéreas Urbanas Convencionais (Redes Aéreas Nuas)

1ª Edição

Abril/2007

Preparado/Revisado	Recomendado	Aprovado
_____ Eng. Cleonilson - Matr.781	_____ Eng. Otávio - DEN	_____ Eng. Luiz Eugênio - DT

SUMÁRIO

CAPÍTULO	TÍTULO	PÁG.
01	APRESENTAÇÃO	05
02	DISPOSIÇÕES GERAIS, CONCEITOS E ROTEIRO	06
	2.1 - Objetivo	06
	2.2 - Conceitos Básicos	06
	2.3 - Roteiro para Elaboração de Projetos	08
03	OBTENÇÃO DOS DADOS PRELIMINARES	10
	3.1 - Mapas e plantas	10
	3.2 - Tipos de Projetos	11
	3.3 - Planos e Projetos Existentes	11
	3.4 - Planejamento Básico	12
04	OBTENÇÃO DOS DADOS DE CARGA	12
	4.1 - Levantamento de Carga	12
	4.2 - Determinação da Demanda - Processos	14
05	ANTEPROJETO	22
	5.1 - Configuração Básica e Traçado das Redes de Distribuição	22
	5.2 - Dimensionamento Elétrico dos Condutores	25
	5.3 - Proteção e Seccionamento	28
06	PROJETO DEFINITIVO	34
	6.1 - Locação e Inspeção	34
	6.2 - Dimensionamento Mecânico - Parâmetros	36
	6.3 - Cálculo Mecânico da rede	39
07	ILUMINAÇÃO PÚBLICA	45
	7.1 - Campo de Aplicação	45
	7.2 - Classificação das Vias e dos Tráfegos	45
	7.3 - Iluminância	46
	7.4 - Fontes de Luz	46
	7.5 - Posteação	47
	7.6 - Comando	47
	7.7 - Considerações Finais	48
08	RECURSOS ESPECIAIS DE PROJETO	49
	8.1 - Correção de Níveis de Tensão	49
	8.2 - Compensação de Reativos	50
09	APRESENTAÇÃO DO PROJETO	51
	9.1 - Memorial Descritivo	51
	9.2 - Cálculo de Queda de Tensão	51
	9.3 - Planta e Desenho do Projeto	52
	9.4 - Desenho de Detalhes Complementares do Projeto	53
	9.5 - Relação de Materiais	53
10	ANEXO I - SÍMBOLOS PARA CADASTRO E PROJETO	56
11	ANEXO II - FORMULÁRIOS	61
	Formulário 01 - Levantamento de Cargas Especiais - BT	61
	Formulário 02 - Medição de Carga (Transformador e Consumidor com Carga Significativa)	62

CAPÍTULO	TÍTULO	PAG.
12	ANEXO III - GRÁFICO DE FATORES DE CORREÇÃO POR MELHORIA DE TENSÃO	63
13	ANEXO IV - TABELAS	64
	Tabela 01 - Fatores típicos de carga e demanda para consumidores ligados em AT	64
	Tabela 02 - Carga mínima e demanda para instalações de Iluminação e tomadas	65
	Tabela 03 - Fatores de demanda de aparelhos de aquecimento	66
	Tabela 04 - Pot. de aparelhos eletrodomésticos e eletroprofissionais	67
	Tabela 05 - Conversão de “HP” em “kVA”	68
	Tabela 06 - Caract. mecânicas de condutores de alumínio - CA	68
	Tabela 07 - Caract. elétricas de condutores de alumínio - CA	69
	Tabela 08 - Cruzeta : Distância equivalente entre fases	70
	Tabela 09 - Coeficientes de queda de tensão - rede primária (13,8 kV e 34,5 kV)	70
	Tabela 10 - Coeficientes de queda de tensão - rede secundária 380/220V - Valores em % / kVA x 100 m	71
	Tabela 11 - Elos fusíveis para transformadores	72
	Tabela 12 - Interligação do transformador com a rede secundária	72
	Tabela 13 - Capacidade nominal de postes (daN)	73
	Tabela 14 - Trações de projeto para AT e BT (AL - CA)	73
	Tabela 15 - Trações de projeto para cabo 4 AWG (50-80m)	73
	Tabela 16 - Comprimento/resistência mínimos de poste para instalação de equipamentos	74
	Tabela 17 - Esforço devido ao vento sobre o poste circular - R2	75
	Tabela 18 - Esforço devido ao vento sobre o poste duplo-“T”-R2	76
	Tabela 19 - Esforço devido à pressão do vento sobre condutores secundários - AL CA (R1s)	77
	Tabela 20 - Esforço devido à pressão do vento sobre condutores primários - AL CA (R1p)	77
	Tabela 21 - Esforço resultante da pressão do vento sobre postes e condutores e, da tração dos condutores - B.T. (AL CA)	78
	Tabela 22 - Esforço resultante da pressão do vento sobre postes e condutores e, da tração dos condutores - A.T. (AL CA)	79
	Tabela 23 - Esforço resultante da pressão do vento sobre postes e condutores e, da tração dos cond.-RD mista (AL CA)	80
	Tabela 24 - Tráfego de veículos motorizados	81
	Tabela 25 - Tráfego de pedestres	81
	Tabela 26 - Iluminamentos médios horizontais finais	82
	Tabela 27 - Alturas de montagem de fontes de luz	83
	Tabela 28 - Critérios para uniformização das instalações de IP (ex. para localidades até 200.000 hab.)	84
14	ANEXO V - CONFIG. ÓTIMAS PARA REDES SECUND.	85
15	APÊNDICE I - CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO	88
16	APÊNDICE II - EXEMPLO DE CÁLCULO DE REDUÇÃO DE TENSÕES PARA FIM-DE-LINHA	89
17	APÊNDICE III- EXEMPLO DE CÁLCULO DE REDUÇÃO DE TENSÕES PARA ÂNGULO	92
18	BIBLIOGRAFIA	95

APRESENTAÇÃO

Esta norma fixa os critérios básicos para elaboração dos projetos de Redes Aéreas Convencionais (nuas), destinadas à Distribuição de Energia Elétrica na tensão primária de 13.800 volts e secundária de 127/220 volts, em área de concessão da Companhia de Eletricidade do Amapá - CEA, cujas características sejam tipicamente urbanas, de forma a garantir as condições técnicas mínimas, economicamente viáveis e com condições de segurança necessárias, a um fornecimento de energia elétrica adequado ao perfil dos clientes da Empresa.

Nesta norma são abordados os critérios básicos para dimensionamento, projeto e seccionamento de redes primárias e secundárias, dimensionamento de Iluminação Pública, instalação e dimensionamento de postes e estruturas, além da metodologia para elaboração e apresentação dos projetos, aplicáveis à redes novas, extensões, modificações, reformas e melhorias.

As instalações básicas das redes devem ainda obedecer aos critérios de montagem definidos nas NBR 5434/82 E 5433/82, bem como os definidos pela ABNT - PNB-429.

Esta Norma passa a vigorar a partir desta data, tornando sem efeito o que dispõe a versões anteriores, naquilo que esteja em desacordo com esta edição.

Macapá-AP, 02 de Abril de 2007

LUIZ EUGÊNIO MACHADO DE SOUZA
Diretor Técnico

2 - DISPOSIÇÕES GERAIS, CONCEITOS E ROTEIRO

2.1 - OBJETIVO:

Esta norma tem por objetivo estabelecer os critérios básicos a serem obedecidos na elaboração de Projetos de Redes Aéreas Convencionais de Distribuição (redes nuas), em áreas de características urbanas, nas tensões primárias de 13.800 volts e secundárias de 127/220 volts, localizadas na área de concessão da Companhia De Eletricidade do Amapá - CEA.

2.2 - CONCEITOS BÁSICOS:

2.2.1 - Alimentador de Distribuição: Parte de uma rede primária numa determinada área de uma localidade, que alimenta, diretamente ou por intermédio de seus ramais, transformadores de distribuição do concessionário e/ou de consumidores.(NBR 5460)

2.2.2 - Carga Instalada: Soma das potências nominais dos equipamentos de uma unidade de consumo que, após concluídos os trabalhos de instalação, estão em condições de entrar em funcionamento.(NBR 5460)

2.2.3 - Demanda: Média das potências elétricas instantâneas solicitadas por consumidor ou concessionário, durante um período especificado.(NBR 5460 e 5463)

2.2.4 - Demanda Máxima: Maior demanda verificada num intervalo de tempo especificado.(NBR 5460)

2.2.5 - Demanda Média: Razão da quantidade de energia elétrica consumida durante um intervalo de tempo especificado, para esse intervalo.(NBR 5460)

2.2.6 - Demanda Diversificada: Demanda resultante da carga tomada em conjunto, de um grupo de consumidores.

2.2.7 - Demanda Simultânea: Soma das demandas verificadas no mesmo intervalo de tempo especificado.(NBR 5460)

2.2.8 - Demanda Simultânea Máxima: Maior das demandas simultâneas registradas durante um intervalo de tempo especificado.(NBR 5460)

1.2.9 - Estação Transformadora: Subestação abaixadora ligada ao alimentador de distribuição que faz a transição da rede primária para a secundária, podendo ser de propriedade da concessionária ou de particular.

2.2.10- Fator de Carga: Razão da demanda média para a demanda máxima ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado.(NBR 5460)

Ex.: Para o período de 01 ano:

$$FC = \frac{C}{8760 \times D}$$

Sendo: C = consumo anual em kWh
D = demanda máxima anual em kW
8760 = número de horas do ano

2.2.11- Fator de Demanda: Razão da demanda máxima num determinado intervalo de tempo especificado, para a carga instalada total.(NBR 5460)

2.2.12- Fator de Diversidade: Razão da soma das demandas máximas individuais de um conjunto de equipamentos ou instalações elétricas, para a demanda simultânea máxima ocorrida no mesmo intervalo de tempo especificado.(NBR 5460)

2.2.13- Fator de Potência: Razão da potência ativa para a potência aparente.(NBR 5460)

2.2.14- Fator de Utilização: Razão da demanda máxima, ocorrida num intervalo de tempo especificado, para a potência instalada.(NBR 5460)

2.2.15- Queda de Tensão: Diferença entre as tensões existentes em dois pontos ao longo de um circuito em que há corrente.(NBR 5456)

2.2.16- Ramal de Alimentador: Parte do alimentador de distribuição que deriva diretamente do tronco de alimentador.(NBR 5460)

2.2.17- Ramal de Ligação: Conjunto de condutores e acessórios que liga uma rede de distribuição a uma ou mais unidades de consumo.(NBR 5460)

2.2.18- Rede Primária: Parte de uma rede de distribuição que alimenta transformadores de distribuição e/ou pontos de entrega, sob uma mesma tensão primária.(NBR 5460)

2.2.19- Rede Secundária: Parte de uma rede de distribuição alimentada pelos secundários dos transformadores de distribuição.(NBR 5460)

2.2.20- Rede Aérea de Distribuição Urbana: Rede de distribuição aérea situada dentro do perímetro urbano de cidades, vilas e povoados.

2.2.21- Sistema de Distribuição: Parte de um sistema de potência destinado à distribuição de energia elétrica.(NBR 5460)

2.2.22- Subestação de Distribuição: Subestação abaixadora que alimenta um sistema de distribuição. (NBR 5460)

2.2.23- Subestação de Consumidor: Instalação destinada à transformação de energia elétrica no ponto de consumo.

2.2.24- Tronco de Alimentador: Parte do alimentador de distribuição que transporta a parcela principal da carga total.(NBR 5460)

2.2.25- Vão Elétrico: Vão máximo permitido entre duas estruturas consecutivas.

(NBR 5460): "VÃO" - Parte de uma linha aérea compreendido entre dois pontos consecutivos.

2.2.26- Vão Mecânico: Valor máximo da soma dos semi-vãos adjacentes e permitidos para uma estrutura.B)

2.3 - ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS:

Os projetos de redes de distribuição aérea, obedecerão basicamente, as seguintes etapas, cujo detalhamento está apresentado nesta norma:

2.3.1 - Dados Preliminares:

- a) mapas e plantas;
- b) tipos de projetos;
- c) planos e projetos existentes;
- d) planejamento básico.

2.3.2 - Dados de Carga:

- a) levantamento de cargas;
- b) cálculo de demandas.

2.3.3 - Anteprojeto:

- a) configuração básica e traçado das redes;
- b) dimensionamento elétrico;
- c) proteção, seccionamento e aterramento.

2.3.4 - Projeto Final:

- a) locação dos postes;
- b) escolha de condutores;
- c) dimensionamento mecânico;
- d) escolha das estruturas;
- e) iluminação pública;
- f) apresentação do projeto.

3 - OBTENÇÃO DOS DADOS PRELIMINARES:

3.1 - MAPAS E PLANTAS:

3.1.1 - Simbologia e Convenções:

Na elaboração dos projetos devem ser obedecidos os símbolos e convenções constantes do ANEXO I, fls. 1 a 7. Na necessidade de utilização de outros símbolos e convenções não previstos no ANEXO I, é exigida a sua indicação nas respectivas plantas.

3.1.2 - Escalas:

- a) Os projetos construtivos devem ser desenhados a partir de mapas precisos, na escala **1:1000** e convenientemente “amarrados” aos arruamentos, edificações ou pontos que facilitem a atualização dos cadastros.
- b) Os projetos com áreas superiores a 1 km² e as plantas-chaves para o caso de mais de 02 plantas construtivas, devem ser desenhadas na escala **1:5000**, de modo a dar uma visão de conjunto e facilitar a execução dos trabalhos.
- c) Excepcionalmente, poderão ser utilizadas plantas na escala de **1:2000** para a apresentação de orçamentos preliminares de projetos.

3.1.3 - Desenhos:

Todos os desenhos que compõem o projeto devem ser apresentados nos formatos padronizados (A1, A2, A3 e A4), contendo outros detalhes, além dos referentes às redes primárias, secundárias e de iluminação pública.

3.1.3.1 - Os mapas utilizados na elaboração dos projetos construtivos (escala 1:1000) devem conter as seguintes informações complementares:

- a) arruamentos e meios-fios e cotas correspondentes;
- b) fachadas das edificações e respectivas numerações;
- c) acidentes topográficos e/ou obstáculos existentes;
- d) detalhamento das redes de distribuição de energia elétrica existentes;
- e) redes de outras concessionárias, porventura existentes.

3.1.3.2 - Os mapas utilizados para as plantas-chaves e para as redes primárias (escala 1:5000), devem conter as seguintes informações complementares:

- a) arruamentos sem fachadas, exceto quando tratar-se de consumidores especiais;
- b) caminhamento, localização e identificação dos principais equipamentos das redes primárias existentes.

3.2 - TIPOS DE PROJETOS:

3.2.1 - Projetos de Redes Novas:

Projetos destinados ao atendimento de novas localidades e/ou de novos loteamentos, que não disponham de energia elétrica.

Para projetos de redes novas, devem ser pesquisados o grau de urbanização, a área dos lotes, o tipo provável de ocupação e as perspectivas de crescimento, para uma posterior comparação com redes já implantadas e que possuam dados de carga conhecidos.

3.2.2 - Projetos de Extensão de Redes:

Projetos que impliquem no prolongamento de redes existentes, cuja finalidade é o atendimento a consumidores específicos (prolongamento de posteação existente).

3.2.3 - Projetos de Reforma de Redes:

Projetos para substituição parcial ou total de rede existente, por motivo de segurança, obsolescência, condições críticas da qualidade de serviço, saturação ou adequação das instalações ao meio ambiente.

3.2.4 - Projetos de Melhoramentos de Redes:

Projetos a serem executados em redes existentes e destinados a propiciar:

- a) a ampliação da capacidade de transporte de energia, para atendimento ao crescimento vegetativo de carga localizada;
- b) o melhoramento das condições operativas e dos níveis de qualidade de fornecimento;
- c) a regularização das condições operativas, de segurança e padronização.

3.2.5 - Projetos de Modificação:

Projetos específicos para atendimento a consumidores ou para adequação às exigências urbanas e, realizados sem o aumento da projeção das redes aéreas existentes.

3.3 - PLANOS E PROJETOS EXISTENTES:

Devem ser levantadas as seguintes informações, que servirão como subsídio à elaboração dos projetos em andamento:

- a) verificar a existência de projetos elaborados para a área em estudo e que ainda não foram executados;
- b) caso o tipo ou a magnitude do projeto justifique, levar em consideração os Planos Diretores Governamentais para a área.

3.4 - PLANEJAMENTO BÁSICO:

3.4.1 - Pontos de Alimentação das Cargas:

Quando da elaboração de projetos, de qualquer porte, principalmente nos casos de redes novas e extensões de redes, deve-se atentar para o ponto do sistema onde essa nova rede será conectada. O ponto de conexão à rede existente deverá ser indicado obrigatoriamente em coordenadas UTM, para facilitar a sua localização.

Devem ser consideradas também, as possíveis conseqüências desse aumento de carga, quanto ao carregamento de alimentadores, níveis de tensão, recursos de manobras etc.

3.4.2 - Grandes Projetos:

Nos casos de desenvolvimento de grandes projetos, deve ser verificado o planejamento básico das redes de distribuição, de forma a compatibilizá-lo com as diretrizes definidas para a área onde será implantado o projeto.

Na inexistência de um planejamento básico para a área, deverá ser providenciado um estudo preliminar das condições locais, de forma a permitir uma análise comparativa destas com outras de características semelhantes, cujos dados de carga e taxas de crescimento sejam conhecidas.

4 - OBTENÇÃO DOS DADOS DE CARGA:

4.1 - LEVANTAMENTO DE CARGA:

Consiste na coleta dos dados de carga, em campo ou através de informações existentes na Empresa, de todos os consumidores abrangidos pela área em estudo.

Os procedimentos a serem observados nesta etapa diferem para cada tipo de projeto, conforme descrito a seguir.

4.1.1 - Levantamento de Carga para Projeto de Reforma de Rede:

4.1.1.1 - Consumidores ligados em AT

Localizar em planta todos os consumidores ligados em rede primária (AT), anotando os seguintes dados:

- a)** natureza da atividade;
- b)** horário de funcionamento, período de carga máxima e sazonalidade, se houver;
- c)** carga total (caso haja medição de demanda) e capacidade instalada;
- d)** possibilidade de novas ligações ou acréscimos de carga em AT.

4.1.1.2 - Consumidores ligados em BT

- a) localizar todos os consumidores residenciais anotando em planta o tipo de ligação existente (monofásica, bifásica ou trifásica);
- b) localizar em planta todos os consumidores não residenciais, indicando a carga total instalada e os respectivos horários de funcionamento.

- Notas:**
- 1) Os consumidores não residenciais com pequenas cargas (pequenos bares e lojas) serão tratados como residenciais.
 - 2) Prédios de uso coletivo ligados em BT, anotar o número de unidades e área dos apartamentos, verificando a existência de cargas especiais (ar condicionado, aquecimento etc.), indicando as quantidades e as potências.
 - 3) Anotar o número de unidades e o tipo de ligação (mono, bi ou trifásica), dos prédios de uso coletivo, bem como as cargas das instalações de serviço.

4.1.1.3 - Consumidores especiais

Para os consumidores especiais, localizá-los em planta anotando o horário de funcionamento e a carga total instalada.

Existindo aparelhos que ocasionam flutuação de tensão na rede (raio X, máquina de solda, motores etc.), indicar os dados no **formulário 01** do **ANEXO II**.

4.1.1.4 - Iluminação Pública

Indicar na planta o tipo de iluminação a ser instalada ou prevista e as potências das lâmpadas a serem instaladas.

4.1.2 - Levantamento de Carga para Projeto de Extensão de Rede:

4.1.2.1 - Consumidores a serem Ligados em AT

Assinalá-los em planta, anotando os seguintes dados:

- a) descrição da carga e a capacidade a ser instalada;
- b) ramo de atividade;
- c) horário de funcionamento;
- d) sazonalidade prevista.

4.1.2.2 - Consumidores a serem Ligados em BT

Anotá-los em planta, indicando o tipo de ligação (monofásica, bifásica ou trifásica), em função de sua carga instalada.

Para os consumidores não residenciais, observar o disposto na **alínea “b”** do **subitem 4.1.1.2**,

4.1.2.3 - Consumidores Especiais

Para as cargas que possam ocasionar flutuação de tensão na rede e que necessitam de análise específica para o dimensionamento elétrico, preencher o **ANEXO II** com os dados necessários, em função do tipo de aparelho.

4.1.2.4 - Iluminação Pública

Assinalar em planta o tipo e a potência das lâmpadas a serem utilizadas no projeto, cujas características dependerão do tipo das vias a serem iluminadas, conforme recomendações do **Capítulo 7**.

4.1.3 - Levantamento de Carga para Projeto de Redes Novas:

Em projetos de redes para atendimento de novas localidades ou novos loteamentos, deverão se pesquisados o grau de urbanização, área dos lotes, tipo provável de ocupação e perspectivas de crescimento, para posterior comparação com outras redes já implantadas e que possuam dados de carga conhecidos.

4.2 - DETERMINAÇÃO DA DEMANDA - PROCESSOS

O procedimento para determinação dos valores de demanda estão descritos a seguir, em função de várias situações de projetos, sendo analisados os casos em que existam ou não necessidade de se efetuar medições.

4.2.1 - Determinação da Demanda para Projeto de Reforma de Rede - Processo por Medição:

4.2.1.1 - Rede Primária

Pelo processo por medição, os valores de demanda do alimentador serão obtidos diretamente através das medições simultâneas de seu tronco e ramais, observando-se sempre a coincidência com as demandas das ligações existentes em AT.

Confrontando-se os resultados das medições, com as respectivas cargas instaladas, poderão ser obtidos fatores de demanda típicos, que poderão ser utilizados como recurso na determinação de demandas, por estimativa.

Nota: Para alimentadores e ramais, as medições devem ser efetuadas com a rede operando em sua configuração normal, em dia de carga típica, por um período mínimo de 24 horas e, sempre que possível, pelo período de 01 (uma) semana.

a) Tronco de Alimentadores

A determinação da demanda máxima dos alimentadores será feita, basicamente, através dos relatórios de acompanhamento das subestações de distribuição (SE's da transmissão).

Na impossibilidade, efetuar medição na saída do alimentador, observando o disposto na **Nota** do **subitem 4.2.1.1**.

b) Ramais de Alimentadores

A determinação da demanda máxima dos ramais será feita através de registradores de corrente máxima ou registradores gráficos, que devem ser instalados no início do ramal, observando-se o disposto na **Nota** do **subitem 4.2.1.1**.

c) Consumidores Ligados em AT

A verificação de demanda será feita através do medidor de KW (medidor de demanda), considerando ainda a previsão de aumento de carga, se houver.

d) Edifícios de Uso Coletivo

A verificação da demanda será feita através de registradores de corrente máxima ou registradores gráficos instalados no ramal de entrada do edifício, durante 24 horas, no mínimo.

4.2.1.2 - Rede Secundária

A determinação das demandas, para efeito de dimensionamento de reforma de rede secundária, será baseada em medições de uma amostragem de transformadores (em geral de 30 a 50%) da área em estudo que, em função do número de consumidores, determinarão o kVA médio, salvo em áreas de características heterogêneas.

Nota: Para circuitos de carga heterogênea poderão ser feitas medições com aparelhos instantâneos, indicadores de máxima corrente, desde que em horário de provável demanda máxima.

a) Transformadores

Deverão ser efetuadas simultaneamente as seguintes medições na saída do transformador, cujos resultados devem ser indicados no **formulário 02** do **ANEXO II**:

- medição gráfica de tensão (01 fase x neutro);
- medição gráfica de corrente de 01 fase;
- medição do valor de máxima corrente nas demais fases.

O valor máximo de demanda do transformador será calculada multiplicando-se a soma dos valores máximos de corrente de cada fase, pela tensão verificada na hora de demanda máxima.

Em áreas sujeitas a grandes variações de demanda devido à sazonalidade, as medições de transformadores deverão ser efetuadas no período suposto de máxima demanda.

Na impossibilidade de efetuar as medições no período de máxima demanda, deverá ser adotado um fator de majoração que dependerá de informações disponíveis na região, a respeito do comportamento das cargas.

Caso se faça necessário, aos valores das demandas encontradas deverão ser aplicados fatores de correção devido à melhoria de tensão, extraídos da curva do **ANEXO III**.

b) Consumidores

Adotar a seguinte rotina:

- 1** - Subtrair da demanda máxima do transformador, a demanda (coincidente com a ponta do transformador) dos consumidores não residenciais;
Dividir o resultado da subtração, pelo número de consumidores residenciais, obtendo-se assim a demanda individual diversificada (KVA/consumidor) dos consumidores residenciais;
- 2** - Se o transformador alimentar áreas de características heterogêneas (Ex: favelas e prédios de apartamentos), efetuar medições distintas que caracterizem as respectivas cargas.
Para a determinação de demanda total do circuito a ser projetado deve ser observada a tendência de ocupação dos lotes vagos.
- 3** - Tratar a parte os consumidores não residenciais que apresentem demandas significativas (Ex: oficinas, serrarias etc.).
A demanda desses consumidores será determinada através de medição, procurando-se determinar a simultaneidade de funcionamento dos equipamentos.

Os resultados obtidos devem ser indicados no formulário do **ANEXO II**, reportando-se ao transformador correspondente.
- 4** - Os demais consumidores não residenciais (pequenos bares e lojas, etc.) serão tratados como residenciais.
- 5** - As cargas devidas a iluminação pública já estão computadas automaticamente. Os acréscimos futuros de IP deverão ser considerados no projeto inicial.

- 6 - Para áreas predominantemente comerciais, as demandas serão determinadas de preferência, a partir de medições de ramais de ligação.

c) Loteamentos

- Para projetos de loteamentos, adotar os seguintes valores mínimos de demanda diversificada:

. **1,5 KVA/lote**, para loteamento Classe A;

. **1,0 KVA/lote**, para loteamento Classe B;

. **0,5 KVA/lote**, para loteamento Classe C.

sendo:

Loteamento Classe A - quando localizado em zonas nobres, de alta valorização, com lotes de área igual ou superior a 300 m² e que dispõe de toda a infra-estrutura básica.

Loteamento Classe B - quando localizado em zonas de classe média, com lotes de área igual ou superior a 300 m², de média valorização, podendo ter serviços de infra-estrutura básica.

Loteamento Classe C - quando localizado em zonas de baixa renda, de baixa valorização, com lotes de área não superior a 300 m² e podendo não ter serviços de infra-estrutura básica.

- quando houver previsão de consumidores não residenciais, a demanda deve ser calculada conforme **item b) - 3**.
- casos especiais de loteamentos de chácaras, indústrias, condomínios horizontais, etc., os valores de demanda serão definidos com base nas informações dos proprietários.
- Nos loteamentos, quando não for definida o tipo de iluminação pública, prever **70 W/poste** (lâmpada + reator), com comando individual.

4.2.2 - Determinação da Demanda para Projeto de Reforma de Rede - Processo Estimativo:

4.2.2.1 - Rede Secundária

a) Consumidores Residenciais

Para estimativa da demanda, serão adotados valores individuais de demanda diversificada em kVA, correlacionando o número e a classe dos consumidores no circuito, separando-as em 04 tipos: Baixo, Médio, Alto e Altíssimo, conforme tabela a seguir:

FAIXA DE CONSUMO MENSAL	
BAIXO	de 0 a 75 KWh
MÉDIO	de 76 a 150 kWh
ALTO	de 151 a 300 kWh
ALTÍSSIMO	Acima de 300 kWh

* **Fonte:** Os valores de consumo acima deverão ser pesquisados em função das particularidades de cada área.

DEMANDA DIVERSIFICADA POR FAIXA DE CONSUMO (kVA)

NÚMERO DE CONSUMIDORES NO CIRCUÍTO	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTÍSSIMO
01 a 05	0,35	0,70	1,38	4,62
06 a 10	0,33	0,62	1,28	4,04
11 a 15	0,31	0,54	1,17	3,47
16 a 20	0,29	0,49	1,07	2,90
21 a 25	0,28	0,45	0,97	2,50
26 a 30	0,27	0,42	0,87	2,13
31 a 40	0,26	0,39	0,78	1,75
Acima de 40	0,25	0,36	0,71	1,39

* **Fonte:** Os valores de demanda acima deverão ser pesquisados em função das particularidades de cada área.

b) Consumidores não residenciais - 1º processo

A estimativa dos valores de demanda em função da carga total instalada, ramo de atividade e simultaneidade de utilização dessas cargas, será calculada através da fórmula:

$$D = \frac{CL \times FD}{FP}$$

sendo:

D = Demanda máxima em KVA

CL = Carga ligada em kW

FD = Fator de demanda típico

FP = Fator de potência

c) Consumidores não residenciais - 2º processo

A estimativa da demanda, extraída dos dados de faturamento é calculada através da fórmula:

$$D = \frac{C}{730 \times FC \times FP}$$

sendo:

D = Demanda máxima em KVA

C = Maior consumo mensal nos últimos 12 meses em kW

FC = Fator de carga (obtido através de consumidores similares)

FP = Fator de potência

d) Consumidores não residenciais - 3º processo

A demanda será estimada a partir da corrente nominal da proteção do consumidor:

$$D = \sqrt{3} \times VI \times 10^{-3} \times FD$$

sendo:

D = Demanda máxima em KVA

V = Tensão de fornecimento (Volts)

I = Corrente nominal da proteção do consumidor (Ampères)

FD = Fator de demanda típico

Esses processos determinam a demanda máxima. Seu horário de ocorrência bem como o valor coincidente com a demanda máxima do transformador, deverão ser obtidos na pesquisa do levantamento de carga.

4.2.2.2 - Rede Primária

a) Tronco de Alimentadores

No caso de reforma de redes, o processo estimativo não é aplicável ao tronco de alimentadores.

A determinação da demanda será feita a partir de relatórios de acompanhamento ou de medições.

b) Ramais de Alimentadores

A estimativa da demanda máxima dos ramais será feita através do confronto da demanda máxima do alimentador e a capacidade das cargas dos transformadores instalados ao longo dos ramais.

Analisar sempre a simultaneidade de funcionamento das cargas dos consumidores ligados em AT.

c) Consumidores Ligados em AT

A demanda de consumidores ligados em AT será estimada aplicando-se à carga levantada, um fator de demanda típico dependendo da atividade, conforme **Tabela 01** do **ANEXO IV**.

4.2.3 - Determinação da Demanda para Projeto de Extensão de Rede - Processo Estimativo:

4.2.3.1 - Rede Secundária

a) Consumidores Residenciais

- A estimativa de demanda neste caso será função da carga instalada, aplicando-se os valores de diversificação constantes das **tabelas 02 a 05** do **ANEXO IV**, multiplicados por um fator de redução, pré-estabelecido. Este fator de redução será estimado com base em consumidores já ligados e com as mesmas características.

- A demanda deverá ser estimada através da fórmula:

$$D = FR(a + b + c + d)$$

onde:

FR = Fator de redução

D = Demanda estimada, diversificada, em kVA.

a = Demanda em kVA, das potências para iluminação e tomadas.

b = Demanda em kVA de todos os aparelhos de aquecimento e condicionamento de ar (chuveiro, aquecedores, fogões, aquecedores de ar etc.).

c = Demanda em kVA de motores elétricos e máquinas de solda tipo grupo gerador, conforme indicado abaixo:

- **100%** da potência em kVA, do maior motor, mais
- **80%** do 2ª maior motor, em kVA, mais
- **60%** do 3º maior motor, em kVA, mais
- **40%** dos demais motores.

d = Demanda em kVA, das máquinas de solda a transformador e aparelhos de Raio X, conforme indicado abaixo:

- **100%** da potência em kVA, do maior equipamento, mais
- **70%** do 2º maior equipamento, em kVA, mais
- **50%** do 3º maior equipamento, em kVA, mais
- **30%** dos demais equipamentos.

Nota: Poderá também ser usado, o processo da alínea a) do subitem 3.2.2.1.

b) Iluminação Pública

A demanda a ser estimada para as instalações de IP, será definida em função do tipo de vias a serem iluminadas e do tráfego, conforme recomenda o **Capítulo 6**.

4.2.3.2 - Rede Primária

a) Consumidores a serem ligados em AT

Para ligações em AT, considerar a demanda contratada entre o consumidor e a CEA.

A demanda poderá ser obtida em função da carga a ser instalada, aplicando-se fatores de demanda conhecidos de consumidores similares, conforme **Tabela 01 do ANEXO IV**.

b) Tronco e Ramais de Alimentadores

A estimativa da demanda será feita em função da demanda dos transformadores de distribuição, observando-se a homogeneidade das áreas atendidas e considerando-se a influência das demandas individuais dos consumidores de AT.

4.2.4 - Determinação da Demanda para Projeto de Redes Novas - Processo Estimativo:

Os processos estimativos para determinação da demanda, na elaboração de projetos de redes novas, serão semelhantes ao disposto no subitem 3.2.3.

5 - ANTEPROJETO

5.1 - CONFIGURAÇÃO BÁSICA E TRAÇADO DAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO:

A configuração da rede será definida em função do grau de confiabilidade desejado. A princípio poderão ser utilizadas as configurações "radial simples" e "radial com recurso", dependendo da importância das cargas ou das localidades a serem servidas.

O traçado das redes deverá obedecer, rigorosamente, as diretrizes e critérios definidos nesta Norma.

5.1.1 - Configuração Básica das Redes Primárias:

5.1.1.1 - Primário Radial Simples

Esta configuração deve ser utilizada em áreas de baixa densidade de carga, onde os circuitos primários seguem direções distintas e onde seria antieconômica a utilização de interligações com outros circuitos.

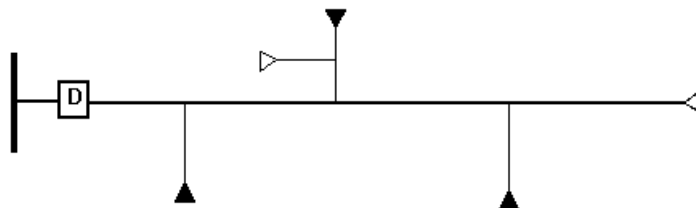


Fig. 1 : Primário Radial Simples

5.1.1.2 - Primário Radial com Recurso

Esta configuração deve ser utilizada em áreas com maiores densidades de carga ou que exijam uma maior confiabilidade, devido às particularidades dos consumidores a serem atendidos (hospitais, centros comerciais, centros de computação etc.).

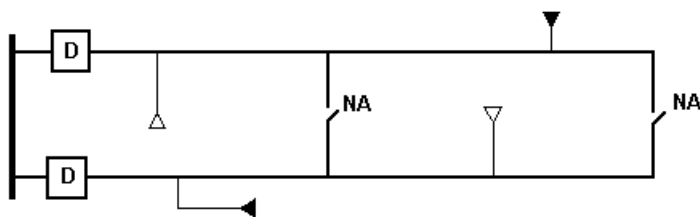


Fig. 2 : Primário Radial com Recurso

O primário radial com recurso caracteriza-se pelos seguintes aspectos:

- a) existência de interligações normalmente abertas (NA) entre alimentadores adjacentes de uma mesma subestação ou de subestações diferentes;
- b) previsão de reserva de capacidade em cada circuito, de forma a absorver carga do outro circuito, na eventualidade de um defeito;
- c) limita o número de consumidores interrompidos por defeito e diminui o tempo de interrupção, em relação ao sistema radial simples.

5.1.2 - Traçado da Rede Primária:

5.1.2.1 - Traçado de Tronco de Alimentadores

Deve obedecer os seguintes critérios:

- a) utilizar vias com arruamentos já definidos e aprovados pela Prefeitura e, se possível, que já possuam meio-fios implantados;
- b) evitar traçados com ângulos e curvas desnecessários;
- c) acompanhar a distribuição das cargas (inclusive previsões), de modo a otimizar os carregamentos;
- d) procurar o equilíbrio das demandas entre alimentadores;
- e) sempre que possível, dimensionar áreas semelhantes para cada alimentador;
- f) evitar trechos paralelos na mesma via ou circuitos duplos;
- g) evitar troca de bitola dos condutores tronco, especialmente em de circuitos primários com recurso.

5.1.2.2 - Traçado de Ramais de Alimentadores

Devem ser observados os seguintes critérios:

- a) sempre que possível, devem ter traçados paralelos, para facilitar interligações, e orientados de modo a favorecer a expansão da área a que servem;

- b) considerar a posição da fonte de energia de forma a se ter um caminho mais curto e com menor queda de tensão e perdas;
- c) devem ser evitadas voltas desnecessárias.

5.1.2.3 - Traçado das interligações entre alimentadores

- a) sempre que possível efetuar as interligações acerca de 1/3 e 2/3 dos troncos dos alimentadores e/ou nas extremidades dos mesmos;
- b) considerar os trechos de menor extensão e a bitola do(s) tronco(s) do(s) alimentadore(s);
- c) evitar vias de tráfego intenso de veículos.

5.1.3 - Configuração da Rede Secundária:

Sempre que possível, adotar circuitos típicos de acordo com as figuras a seguir. Essas configurações permitem o atendimento em 127/220 volts, de toda a gama de densidades de carga característica de rede de distribuição aérea.

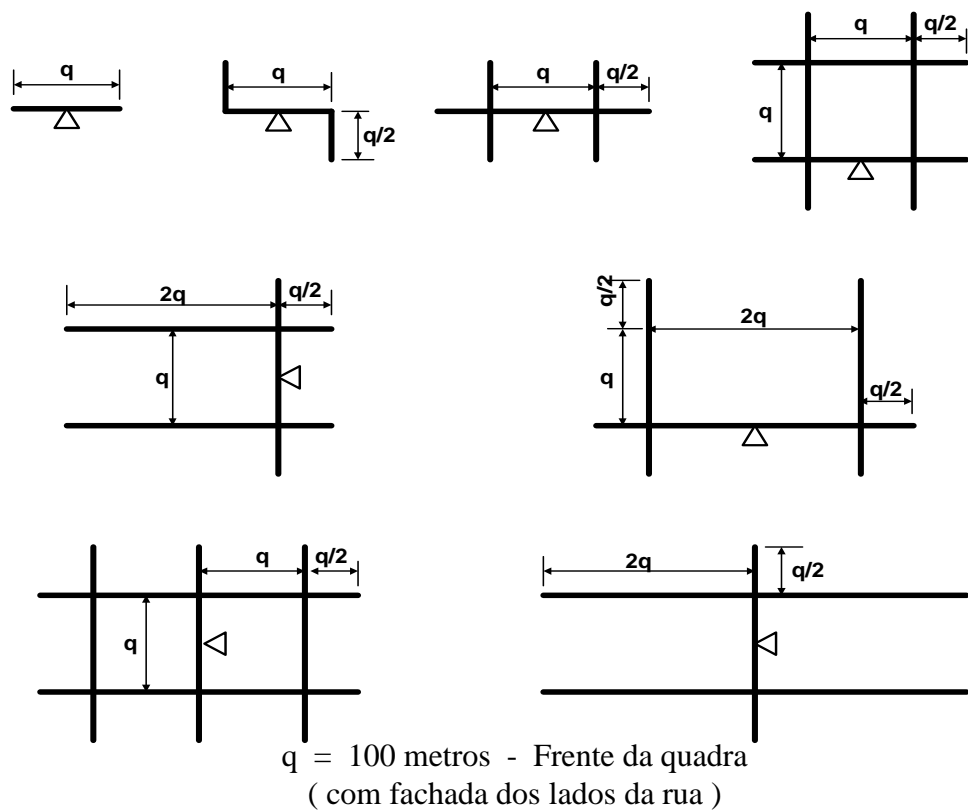


Fig. 3 : Configurações Básicas da Rede Secundária

A adoção de um determinado circuito típico será função da densidade de carga inicial, da taxa de crescimento e da configuração do arruamento.

Em cada projeto, individualmente considerado, torna-se na maioria dos casos, difícil a aplicação de circuitos típicos caracterizados. Entretanto, essas configurações devem ser gradualmente atendidas à medida que a integração desses projetos individuais o permitam, o que poderá ser alcançado através de um planejamento orientado para pequenas extensões.

Em nenhum caso poderá haver rede secundária com consumidor distante mais de **250 (duzentos e cinquenta) metros** do transformador.

5.2 - DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO DOS CONDUTORES:

5.2.1 - Dimensionamento Elétrico da Rede Primária:

5.2.1.1 - Critérios Gerais

As características dos condutores a serem utilizados nos projetos de rede primária estão apresentados nas **tabelas 06 e 07 do ANEXO IV**.

O dimensionamento da rede deve ser feito observando-se a queda de tensão máxima permitida, perdas e capacidade térmica dos condutores, conforme **tabelas 07, 09 e 10 do ANEXO IV**.

Entende-se como queda de tensão máxima na rede primária, a queda compreendida entre o barramento da subestação e o ponto mais desfavorável onde se situa um transformador de distribuição ou um consumidor primário.

O processo de cálculo é o do coeficiente de queda em **% por MVA x Km**, cujos valores estão indicados na **tabela 09 do ANEXO IV**.

Com base no traçado da rede primária e bitola do condutor, calcula-se a queda de tensão considerando a carga estimada no fim do horizonte de projeto. Se este valor estiver dentro do limite do perfil de tensão adotado, o traçado é aceitável.

Em áreas de densidade de carga média ou baixa, o dimensionamento estabelecido por queda de tensão redundante em nível de perdas consideradas aceitáveis para o sistema.

Quanto as áreas de alta densidade de carga, caracterizadas por alimentadores de pequena extensão, o fator limitante para o dimensionamento dos condutores, será o nível de perdas.

5.2.1.2 - Limites de Queda de Tensão

Visando ficar dentro dos limites estabelecidos na Portaria nº 047 - DNAEE, a CEA adotará os seguintes limites de queda de tensão:

- a) **4,0 %** para projeto (inicial)
- b) **7,0 %** operativo (final)

5.2.1.3 - Carregamento de Alimentadores

O carregamento será função da configuração adotada (radial simples ou radial com recursos), que implicará ou não numa disponibilidade de reserva para absorção de carga por ocasião de manobras e situações de emergência.

Para os alimentadores interligáveis, o carregamento máximo deve situar-se entre **50%** e **60%** da capacidade térmica dos condutores.

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

- até 1.000 KVA : 01 alimentador
- de 1.000 KVA a 3.000 KVA : 02 alimentadores
- de 3.000 KVA a 6.000 KVA : 03 alimentadores
- de 6.000 KVA a 10.000 KVA : 04 alimentadores

Para consumidores com demandas superiores a 1.500 KVA, recomenda-se a utilização de um alimentador independente da rede de distribuição da localidade.

5.2.2 - Dimensionamento Elétrico da Rede Secundária:

5.2.2.1 - Critérios Gerais

A rede secundária deverá ser dimensionada de modo a minimizar os custos anuais de investimento inicial, ampliações, modificações e perdas, dentro do horizonte do projeto.

Na falta de maiores informações sobre o crescimento de carga da área, a rede secundária deverá ser dimensionada para atendimento à evolução da carga prevista até o **10º ano** subsequente, prevendo, sempre que possível, uma subdivisão do circuito no **5º ano**.

Considerando uma distribuição de carga basicamente homogênea nos circuitos e, desde que no final do **5º ano** a queda de tensão não ultrapasse a **5,0%**, o novo circuito reduzido em tamanho a no máximo **60%** do inicial, resultará que no final do **10º ano** não ultrapassará também os **5,0%** de queda de tensão, conservadas as mesmas bitolas dos cabos.

No dimensionamento elétrico deve-se considerar que o atendimento ao crescimento da carga será feito procurando-se esgotar a capacidade da rede, observando-se um limite de **3,0% para o projeto** (inicial) e de **5,0% operativo** (final), e também os limites de capacidade térmica dos condutores (**Tabela 07 do ANEXO IV**).

No cálculo elétrico das redes secundárias deverão ser utilizados os coeficientes de queda de tensão em **% por KVA x 100 m**, indicados na **tabela 10 do ANEXO IV**, sendo a carga sempre considerada equilibrada ou igualmente distribuída pelos circuitos monofásicos existentes.

Apesar de se procurar o equilíbrio das cargas entre as fases, os resultados desse dimensionamento devem ser periodicamente aferidos, de forma a determinar possíveis fatores de correção a serem adotados em projetos futuros.

5.2.2.2 - Tipos de Projetos

A rotina a ser seguida no dimensionamento elétrico da rede secundária deve ser feita conforme as características e finalidades do projeto, quais sejam:

a) Projeto de Reforma de Rede

- Obter o valor da densidade de carga atual do circuito (**kVA/poste**), multiplicando o kVA/consumidor obtido conforme subitem 3.2.2.1 pelo número de consumidores por poste existentes.

Nota: O método baseou-se na densidade de carga por poste (**kVA/poste**), no entanto, podem ser adotados também como parâmetros a densidade linear do circuito (**kVA/m**) ou por superfície (**kVA/m²**), obedecendo-se a mesma rotina de cálculo para dimensionamento da rede.

- Preparar os esquemas de redes secundárias típicos, de acordo com a configuração das quadras existentes na área do projeto.
- Os esquemas deverão atender o perfil da tensão adotada para a área com valores extrapolados para o 10º ano; prevendo-se uma subdivisão do circuito no 5º ano.
- Lançar as redes típicas, técnico-economicamente recomendadas em função da densidade de carga inicial do circuito com a respectiva taxa de crescimento, conforme apresentado no **ANEXO V**.
- Conferir os resultados obtidos levando-se em conta os consumidores trifásicos de carga elevada e os de cargas especiais e calcular a queda de tensão do circuito.

b) Projeto de Extensão de Rede

- Multiplicar o valor da demanda diversificada média por consumidor, definida no **subitem 3.2.3.1**, pelo número total de consumidores a serem atendidos pelo circuito, inclusive lotes vagos, obtendo-se o total da carga (kVA) residencial.
- Adicionar à carga residencial, as demandas dos consumidores não residenciais.
- Se a demanda máxima prevista ocorrer no período noturno, deverá ser acrescentada a carga da iluminação pública.
- Preparar o esquema unifilar da rede secundária típica de acordo com a configuração das quadras existentes na área do projeto.
- Calcular a queda de tensão do circuito, cujo valor para o 10º ano deverá atender ao perfil da tensão.
- Nos casos dos consumidores com demanda predominantemente diurna, ao se efetuar o cálculo da rede para demanda noturna, deverá ser pesquisada individualmente qual a fração daquela demanda que deverá ser incluída para o período noturno.
Inversamente, para a verificação do cálculo de demanda diurna, devida a consumidor especial, poderá ser considerada até **30%** da demanda noturna dos consumidores residenciais. Neste caso, efetuar os cálculos para ambos os períodos, dimensionado o transformador pela maior demanda, assim como os trechos do circuito em função do período mais crítico.

c) Projeto de Redes Novas

- Deverá ser primeiramente estimada a demanda diversificada média com base nas áreas de características semelhantes já eletrificadas. Se houver cargas especiais previstas, as mesmas deverão ser consideradas, bem como o período das suas demandas.
Como exemplo de cálculo elétrico, ver o **APÊNDICE I**.

5.3 - PROTEÇÃO E SECCIONAMENTO:

5.3.1 - Proteção Contra Sobrecorrentes:

5.3.1.1 - Localização dos Equipamentos de Proteção Contra Sobrecorrentes

A aplicação de equipamentos de proteção contra sobrecorrentes deverá ser condicionada a uma análise técnico-econômica de alternativas dos esquemas de proteção de cada circuito. Em princípio, esses equipamentos devem ser instalados nos seguintes pontos:

a) Em tronco de alimentadores

- Próximo à saída de cada circuito da SE, no caso de subdivisão de circuito protegido por um mesmo disjuntor, pode-se, excepcionalmente, utilizar religadores ou seccionalizadores, levando-se em conta a coordenação destes com o disjuntor.

Nota: Esta alternativa é válida para o caso de não existir cubículos de saída disponíveis em SE's de localidades com baixa densidade de cargas ou quando há necessidade de derivação de um mesmo circuito para atendimento urbano e rural.

- Após cargas, cujas características especiais exijam uma continuidade de serviço acentuada, usar religador ou seccionizador.
- Onde o valor da corrente de curto-circuito mínimo não é suficiente para sensibilizar dispositivos de proteção de retaguarda, deve-se utilizar religador ou chave fusível.

b) Em ramais de alimentadores

- No início de ramais que suprem áreas sujeitas a falhas, cuja probabilidade elevada de interrupções tenha sido constatada através de dados estatísticos, deve-se utilizar religador ou seccionizador.
- Nos demais casos, não abrangidos pelo item acima, usar chave fusível.

c) Em transformadores

- Todos os transformadores deverão ser protegidos através de chaves fusíveis, com elos fusíveis de amperagem adequada à potência do transformador, conforme **tabela 11** do **ANEXO IV**, e observando-se o disposto no subitem **e)** a seguir.

d) Em ramais de consumidores em AT

- Deverão ser protegidos através de chaves fusíveis de capacidade adequada, inclusive nos casos onde a proteção é feita por disjuntor na cabine consumidora.

e) Em sub-ramais que alimentam apenas um transformador

- Poderão ser protegidos por chaves fusíveis apenas no início do sub-ramal, desde que sua extensão não ultrapasse **150 metros** e não tenha nenhum obstáculo para a visão das chaves e do sub-ramal, até o transformador.

5.3.1.2 - Critérios para Seleção dos Equipamentos de Proteção Contra Sobrecorrentes

Os equipamentos a serem instalados nas redes de distribuição urbanas (RDU), devem ter a tensão nominal e o nível básico de isolamento compatíveis com a classe de tensão do sistema e também atender as demais condições necessárias em função do seu ponto de instalação.

a) Chaves e elos fusíveis - para proteção de redes primárias

- A corrente nominal da chave fusível deve ser de **100 A**, no mínimo igual ou maior do que **150%** do valor nominal do elo fusível a ser instalado no ponto considerado.
Em todos os casos, o nível de curto-circuito das chaves será de **10 KA**.
- A capacidade de interrupção, associada ao valor **X/R** do circuito, no ponto de instalação, deve ser, no mínimo, igual à máxima corrente de defeito nesse ponto.
- Para possibilitar o desligamento dos ramais sem necessidade de prejudicar o fornecimento a outros consumidores, deverão ser utilizadas chaves fusíveis equipadas com dispositivo para permitir a abertura em carga, mediante a utilização de equipamento tipo "**loadbuster**" ou similar.
- Quando o ramal alimentar apenas um consumidor, deverá ser também utilizada chave fusível com o dispositivo para abertura em carga.

b) Chaves e elos fusíveis - para proteção de transformadores de distribuição

Os elos fusíveis de proteção do transformador de distribuição, idealmente, devem cumprir os seguintes requisitos:

- Os elos fusíveis devem operar para curto-circuito no transformador ou rede secundária, de modo que estes defeitos não repercutam na rede primária.
- Os elos fusíveis devem suportar continuamente, sem fundir, a sobrecarga que o transformador é capaz de suportar sem prejuízo de sua vida útil.
- Os elos fusíveis devem ter capacidade adequada à proteção do transformador, conforme **tabela 11** do **ANEXO IV**.

- As chaves fusíveis de proteção dos transformadores de distribuição devem possuir dispositivo que permita a abertura sob carga.
- Deverá ser adotada para a interligação, entre os bornes do secundário do transformador e o barramento da rede secundária, cabos isolados em PVC, conforme **tabela 12** do **ANEXO IV**.

c) Religadores

Os religadores deverão ser empregados em derivações de alimentadores sujeitos a defeitos intermitentes, de forma a evitar-se que as correntes de carga ou dos curtos fase-terra, quando elevadas a ponto de interferirem no relé de neutro da subestação, venham a comprometer a coordenação.

d) Seccionalizadores

A instalação de seccionalizadores ficará restrita ao uso no lado da carga, em série com o religador ou disjuntor, desde que tenham um dispositivo de religamento automático na retaguarda, que pode ser o próprio disjuntor.

5.3.2 - Proteção Contra Sobretensões:

A proteção contra sobretensões nas RDU será feita por pára-raios projetados nos seguintes pontos:

- Em transformadores de distribuição.
- Em estruturas que contenham religadores, seccionalizadores, reguladores de tensão e capacitores.
- Em estruturas de derivação de ramais de entrada de consumidores primários.
- Em pontos de transição de rede aérea para subterrânea e vice-versa.
- Nos fins de redes primárias.

5.3.3 - Aterramento:

- Deverão ser aterradas todas as carcaças de transformadores, reguladores, capacitores, suportes de equipamentos e chaves de manobra secas ou a gás SF-6 e, o centro da estrela dos transformadores, tudo interligado e contínuo, para toda a área de distribuição da cidade.
- O neutro contínuo da rede primária será comum ao da rede secundária, multi-aterrado e conectado à malha de terra da subestação.

- Junto à transformadores e equipamentos especiais, localizados em zonas protegidas por edificações, o aterramento deverá ter resistência máxima de **20 Ω** . Junto à zonas desprotegidas de edificações e mais sujeitas a descargas atmosféricas, o aterramento deverá ter resistência máxima de **10 Ω** .
Caso estes valores não sejam atingidos, deverão ser usadas tantas hastes adicionais quantas forem necessárias, até o limite de **06 hastes**. Acima deste número de hastes deverão ser adotadas alternativas, tais como a utilização de hastes profundas, tratamento químico do solo ou soluções mistas.
- Nos demais casos, os aterramentos da RDU serão feitos com apenas **01 haste, de 300 em 300 metros** e de modo que nenhum ponto da rede de distribuição secundária fique afastado mais de **200 metros** de um aterramento.
- Todos os extremos da rede (primária e secundária) deverão ter seus neutros aterrados com aterramento padrão de **20 Ω** .
- Em áreas isoladas e com poucos transformadores, ou locais de elevada resistividade, para se obter uma maior proteção, devem ser projetados poços de aterramento em lugares convenientes e com valor de resistência de terra não superior a **10 Ω** , de modo a garantir que a resistência de aterramento equivalente do sistema fique situada entre **0,1 e 0,3 Ω** .

5.3.4 - Seccionamento e manobra:

Poderão ser projetados os seguintes tipos de equipamentos de seccionamento nas redes aéreas de distribuição urbanas:

- a) Chave faca unipolar, com ou sem dispositivo para abertura com carga.
- b) Chave faca tripolar com dispositivo para abertura com carga.
- c) Corta circuito fusível para abertura sob carga.

5.3.4.1 - Localização dos equipamentos de Seccionamento

- a) Chaves para operação com carga

As chaves unipolares ou tripolares para operação com carga, deverão ser utilizadas em pontos de manobras, de modo a evitar desligamentos dos circuitos nas SE's e a minimização dos tempos necessários à realização das manobras e do número de consumidores atingidos por elas.

As chaves deverão ser instaladas em pontos de fácil acesso e operação.

Em princípio, as chaves para operação, serão instaladas nos seguintes pontos:

- Interligação de alimentadores.
- Pontos de manobras, previstos para transferência de cargas, localização de defeitos ou para desligamentos destinados à manutenção e construção de redes.
- Após a derivação, para consumidores importantes, a fim de preservar continuidade de serviço por ocasião de manobras.
- No lado da fonte, junto ao início de grandes concentrações de cargas.

b) Chaves para operação sem carga

Por não admitirem abertura em carga, deverão ser usadas em pontos onde normalmente não estão previstas manobras.

Neste caso, as manobras só poderão ser feitas, desde que eventualmente, e sem carga.

Em geral, estas chaves poderão ser instaladas nos seguintes pontos:

- No tronco de alimentadores, alternadamente com chaves de abertura sob carga.

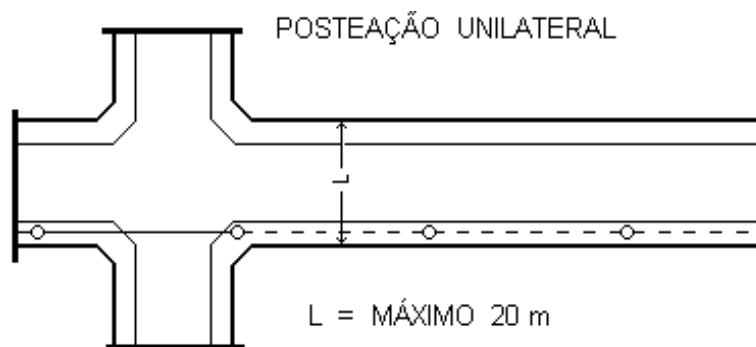
6 - PROJETO DEFINITIVO

6.1 - LOCAÇÃO E INSPEÇÃO:

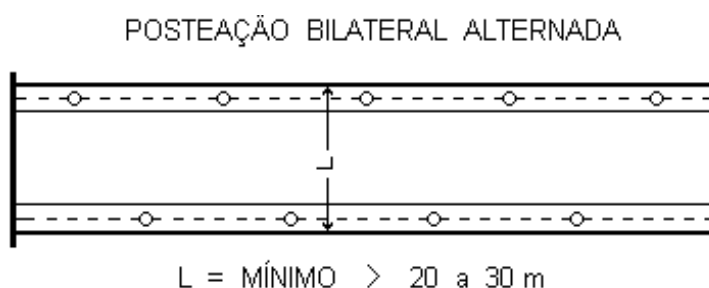
Uma vez determinados os traçados das redes primárias e secundárias e definidos os centros de carga, deverão ser locados em planta os postes necessários à sustentação da rede de distribuição.

Para que não surjam problemas durante a construção e a necessidade de modificações no projeto original, sempre que possível, a posição dos postes deverá estar de acordo com as observações previamente levantadas em campo e devidamente assinaladas em planta, obedecidos os critérios a seguir:

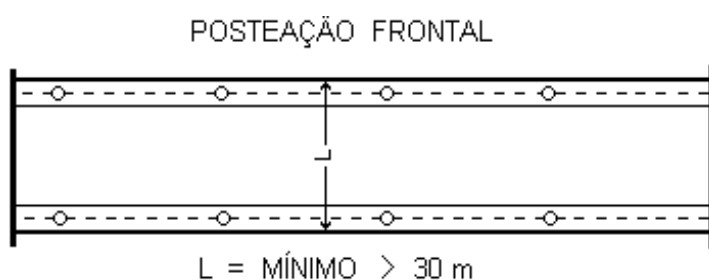
- a) Locar os postes preferencialmente nas divisas dos lotes, evitando a frente das garagens, guias rebaixadas de postos de gasolina, frente de anúncios luminosos, marquises e sacadas.
- b) Em ruas sem arborização, implantar as redes nas faces norte e oeste, e evitar o lado das grandes arborizações, jardins ou praças públicas.
Normalmente, as arborizações de maior porte são feitas nas faces leste e sul, considerando a posição do sol e a queda das folhas nas mudanças de estações, de modo a permitir sombra no verão e aquecimento no inverno.
- c) Evitar interferências com alinhamentos de galerias pluviais, esgotos e redes aéreas ou subterrâneas de outras concessionárias.
- d) Projetar vãos elétricos de baixa tensão de **30 a 40 m**, podendo, quando existir somente rede primária, adotar-se vãos primários de **60 a 80 m**, prevendo-se futuras intercalações de postes.
- e) Para facilitar a transposição de marquises, sacadas e anúncios luminosos, é recomendado o uso de afastadores para redes secundárias.
- f) Em ruas até **20 m** de largura, incluídos passeios, projetar os postes sempre num só lado das ruas (unilateral), observando-se a seqüência da rede existente.
- g) Quando não houver posteação deverá ser escolhido o lado mais favorável, considerando o que tenha maior número de edificações, ou seja, aquele que acarretará a execução de um menor número de travessias de ramais de serviço (ver figura a seguir).



- h)** Em ruas com largura **superior a 20 m, até 30 m**, a posteação deverá ser bilateral em **zig-zague** (ver figura a seguir).



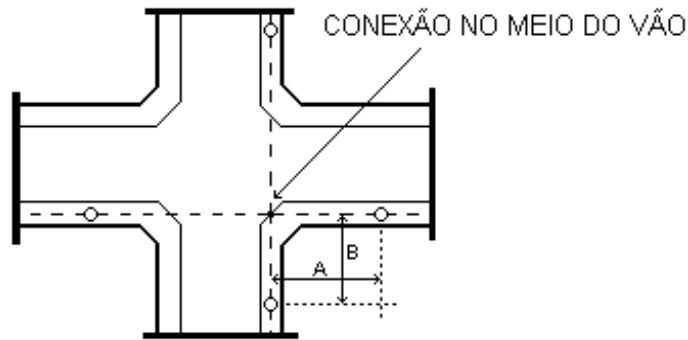
- i)** As ruas com largura **superior a 30 m**, poderão ter a posteação bilateral frontal (ver a figura a seguir).



- j)** Além das larguras das ruas, deve-se considerar que os critérios de posteação citados acima dependerão também da existência ou não de canteiros centrais, tipo de iluminação pública adotada, necessidade de mais de um alimentador, etc.

- k)** Evitar o uso de postes em esquinas de ruas estreitas ou esquinas que não permitam manter o alinhamento dos postes.

- l) As conexões elétricas nos cruzamentos de redes poderão ser no meio do vão (FLYNG-TAP's), devendo evitar-se o contorno de esquinas com o uso de vários postes. Nesses casos, a distância **A** e **B** dos postes à esquina, deverão, preferencialmente, ser iguais e estarem entre **6 e 15 m** (ver figura a seguir).



6.2 - DIMENSIONAMENTO MECÂNICO - PARÂMETROS

6.2.1 - Parâmetros Básicos:

6.2.1.1 - Condições Ambientais

Para dimensionamento mecânico dos cabos e das estruturas que os sustentam, deverão ser respeitadas as seguintes condições:

- Vento máximo: **60 km/h** a **15°C**.
- Pressão do vento em superfícies cilíndricas (cabos e postes circulares):

$$P = 0,00471 \times V^2$$

onde:

$$P = \text{daN/m}^2$$

$$V = \text{km/h}$$

- Pressão do vento em superfícies planas (postes duplo-T, etc.):

$$P = 0,00754 \times V^2$$

- Temperatura: **0°C** a **50°C**.
- Vãos calculados: **5 m** a **150 m** (de 5 em 5 m).
- Cabo básico: **Alumínio 4 AWG**.

- Estado básico 1:

Temperatura: **0° C**

Velocidade do vento: **0 km/h**

Tração horizontal máxima: **1/7 TR** do cabo básico.

TR = Tração de ruptura do cabo.

- Estado básico 2:

Temperatura: **15° C**

Velocidade do vento: **60 km/h**

Tração horizontal máxima: **1/5 TR** do cabo básico.

6.2.1.2 - Condutores

- A seção mínima dos condutores a serem utilizados nos circuitos primários e secundários, atendidos os requisitos elétricos e mecânicos, deverá ser de **21,14 mm (4 AWG)**.

As seções padronizadas e recomendadas estão indicadas na **tabela 06** do **ANEXO IV**.

6.2.1.3 - Afastamentos mínimos

- O afastamento entre condutores, entre condutores e o solo e, entre condutores e edifícios, deverão ser dimensionados de forma a atenderem os valores estabelecidos pelas **NBR 5434 E NBR 5433**.

6.2.1.4 - Postes

Basicamente, os postes a serem utilizados em redes de distribuição urbanas, serão de concreto do **tipo seção circular** e **duplo-T**, com as seguintes características (ver **tabela 13** do **ANEXO IV**):

a) comprimentos

Comprimento	Utilização
9 metros	serão de uso exclusivo para redes secundárias.
11 metros	de uso geral para redes primárias e/ou de redes secundárias.
*12/13 metros	serão utilizados em casos especiais de cruzamentos, mais de 2 níveis de cruzetas, etc.

b) carga útil admissível a 20 cm do topo (daN)

Comprimento	Carga Útil
9 metros	150, 300 e 600
11 metros	300, 600, 1000 e 1500
*12/13 metros	300, 600, 1000 e 1500

Nota : Postes com comprimentos e esforços acima dos especificados acima, serão considerados especiais, ficando sua utilização restrita à situações específicas.

* Os postes de 13 metros e os de esforços para 1500 daN apesar de não constarem das NBR 8451, 8452 e 6124, poderão ser utilizados.

6.2.1.5 - Estruturas

Serão consideradas as estruturas padronizadas pela CEA, através da **NBR-5433**:

a) Redes Primárias

Para redes trifásicas, utilizar cruzetas de madeira de **2.400 mm**, tipos Normal (**N**), Beco (**B**) e Meio-beco (**M**).

b) Redes Secundárias

Disposição vertical, com isoladores tipo roldana em armações secundárias.

6.3 - CÁLCULO MECÂNICO DA REDE

Consiste na determinação dos esforços resultantes que serão aplicados nos postes e, na identificação dos meios necessários para absorção destes esforços.

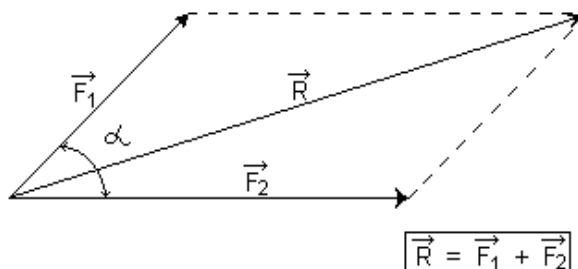
O esforço resultante é obtido através da composição dos esforços dos condutores, produzidos pela aplicação das trações de projeto indicados nas **tabelas 14 e 15** do **ANEXO IV**, que atuam no poste em todas as direções, transferidas **a 20 cm do topo** do poste e que pode ser calculado tanto pelo método geométrico quanto pelo método analítico.

Para a instalação de transformadores e demais equipamentos em postes da RDU, deverá ser observada a **tabela 16** do **ANEXO IV**.

Para a instalação de transformadores deverão ser considerados os preceitos contidos no subitem 5.3.3, relativos a engastamento dos postes.

a) Método Geométrico

As trações dos condutores obtidas através deste método, são representadas por dois vetores em escala, de modo que suas origens coincidam, construindo um paralelogramo conforme indicado a seguir:



onde:

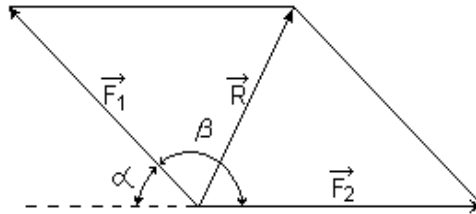
R = Tração resultante

F1 e F2 = Tração dos condutores

α = Ângulo formado pelos condutores

b) Método Analítico

De posse das trações no poste e do ângulo formado pelos condutores dos circuitos, tem-se:



$$\mathbf{R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\beta}}$$

$$\text{Se } F_1 = F_2 : \quad R = 2 \cdot F \cdot \sin \alpha/2$$

$$\text{sendo : } \alpha = 180^\circ - \beta$$

$$\beta = \text{ângulo formado pelos condutores}$$

6.3.1 - Utilização dos Postes:

a) Quanto ao comprimento

Basicamente os postes podem ser de:

9 m : rede de BT

11 m : rede de AT ou (AT + BT)

12 m : rede de AT com ou sem BT, em cruzamentos e/ou derivações.

Excepcionalmente, em alguns arranjos primários, uso mútuo de postes, nós de travessias, etc., poderão ser usados postes especiais de comprimentos maiores.

b) Quanto à resistência mecânica

Será em função do esforço resultante a ser absorvido pelo poste e das resistências mecânicas padronizadas : ENGASTAMENTO DE POSTES.

Nas **tabelas 17 e 23** do **ANEXO IV** são fornecidos os esforços resultantes de redes primárias e secundárias e de ação dos ventos, para os diversos ângulos.

6.3.2 - Escolha do Tipo de Estrutura:

A escolha das estruturas serão em função da bitola dos condutores, do vão, dos ângulos de deflexão horizontal e do espaçamento elétrico, sendo determinadas pela - METODOLOGIA DE CÁLCULO DE ESTRUTURAS PARA REDES AÉREAS.

6.3.3 - Engastamento:

A profundidade, em metros, de instalação ou engastamento será, para qualquer tipo de poste, determinado pela fórmula:

$$C = \frac{L}{10} + 0,60$$

Sendo: L = comprimento do poste em metros
 C = engastamento (mínimo de 1,5 metros)

Em função da aplicação de processos de cálculo para determinação do engastamento para poste de distribuição, são definidos três tipos básicos de engastamento: **simples, com reforço e base concretada** - ENGASTAMENTO DE POSTES.

Para tipos especiais de solos, deverão ser adotados arranjos ideais e fundações adequadas, como por exemplo, o tipo "cava de areia com sapata concretada".

Notas: 1) Um terreno normal absorve esforço sobre o poste de até 150 daN.

2) Com a colocação de escora de subsolo a absorção alcança até 300 daN.

3) Postes com resistência nominal igual ou superior a 600 daN deverão ter base concretada quando aplicado em áreas alagadas.

6.3.4 - Estaiamento:

Serão utilizados estaiamentos para se obter a estabilidade de postes ou estruturas sem equilíbrio, quando o solo for excessivamente fraco ou em consequência de um momento fletor solicitante elevado, provocado por um esforço mecânico externo.

Os esforços poderão ser do tipo **poste a poste, cruzeta a poste** ou de **contra-poste** em finais de rede, ou ainda de **redução de trações** nos últimos postes.

6.3.4.1 - Estai de Cruzeta a Poste

Para a pior condição (rede trifásica com cruzeta tipo beco), o quadro a seguir mostra os esforços atuantes. Metodologia de Dimensionamento de Estruturas para Redes Aéreas de Distribuição Urbanas):

CONDUTOR AL (CA)	
BITOLA - AWG/MCM	ESFORÇOS (daN)
4	180
2	270
1/0	420
4/0	840
336,4	1350

Considerando-se os valores acima e levando-se em conta as resistências nominais dos cabos de aço de diâmetros **6,4 mm (1/4")** e **9,5 mm (3/8")**, que são usualmente empregados em redes aéreas urbanas nuas, deve-se observar o seguinte critério para estai de cruzeta a poste:

Cabo de aço 6,4 mm : até o condutor 4/0 AWG

Cabo de aço 9,5 mm : para condutor 336,4 MCM

6.3.4.2 - Estai de Poste a Poste

O estai de poste a poste deverá absorver todo o esforço que exceder a capacidade do poste, provocado pelos esforços resultantes dos circuitos primários e secundários.

O esforço excedente a ser absorvido pelo cabo de aço do estai pode ser transferido para um ou mais postes, sendo recomendável a transferência para, no máximo, dois postes.

Apesar da grande variedade de combinações de esforços a que ficam submetidos os postes das redes aéreas de distribuição, os esforços excedentes deverão ficar limitados a **700 daN** e **1560 daN**, correspondendo respectivamente aos cabos de aço de **6,4 mm** e **9,5 mm**.

6.3.4.3 - Estai de Poste a Contra-poste

Normalmente este tipo de estai é empregado em fins-de-linha com a finalidade de absorver os esforços excedentes do último poste.

De acordo com estudos realizados por outras concessionárias, obedecidas as condições abaixo, o quadro a seguir nos fornece os esforços máximos admissíveis, que serão absorvidos pelo contra-poste.

Condições:

- contra-postes de 5 m de comprimento;
- taxa de compressibilidade do solo de 2000 daN/m³;
- ângulo de inclinação do contra-poste com a vertical de 30°;
- engastamento entre 1,5 m e 2,0 m;
- diâmetro médio do contra-poste, no engastamento, de 20 a 30 cm.

CONTRA-POSTE DE 5,0 m (Esforços Absorvidos)

ENGASTAMENTO (m)	ESFORÇOS MÁXIMOS EM daN		
	d = 20 cm	d = 25 cm	d = 30 cm
1,50	312	390	468
1,60	378	472	566
1,80	539	674	809
2,00	739	924	1109

6.3.4.4 - Redução das Trações

Em situações que exijam poste acima de **1500 daN**, deverá ser adotada a montagem dos condutores com "Tração Reduzida".

Este processo, que é também utilizado para redes em ângulo, consiste em diminuir o vão entre postes, mantendo a flecha dos condutores igual à do vão considerado básico.

Em função destas condições, a tensão mecânica reduzida é dada pela expressão:

$$T_r = \left(\frac{V_r}{V_b} \right)^2 \times T_b$$

onde:

V_r = vão reduzido em metros

V_b = vão básico em metros

T_b = tração básica ou normal, relativa ao vão básico, em daN

Nota: A tração básica (T_b) deve ser calculada em função da tração do projeto dos condutores primários e secundários existentes na estrutura, aplicados a 20 cm do topo.

O vão básico de um determinado trecho é calculado pela seguinte expressão:

$$V_b = V_m + \frac{2}{3} \times (V_{m\max} - V_m)$$

onde:

V_m = média aritmética dos vãos, em metros

$V_{m\max}$ = maior vão, em metros

No poste anterior ao poste intermediário "C" da **Figura B** a seguir, as estruturas de fixação dos condutores devem ser de encabeçamento, tanto para o primário quanto para o secundário.



Figura A

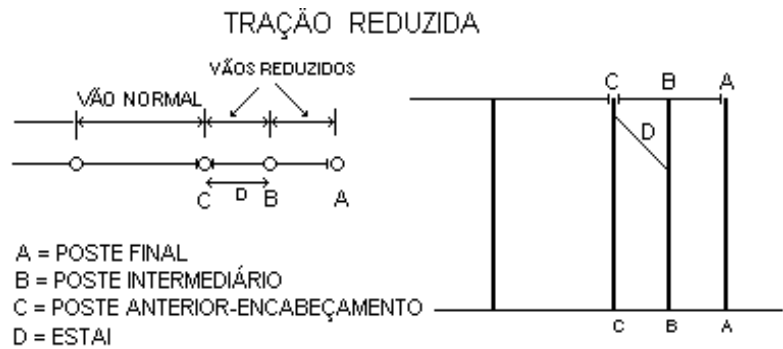


Figura B

Este poste deverá ser dimensionado em função das diferenças das tensões mecânicas do vão básico e do vão reduzido, que as estruturas de amarração transmitem ao poste.

Se esta tração for muito elevada em relação ao poste que se deseja empregar, o excesso de tração poderá ser transferido ao poste seguinte através de tirante aéreo (o **poste "B"**, tende a neutralizar somente o esforço do tirante).

O esforço de tração reduzida será absorvida pelo poste final das trações reduzidas (**poste "A"**).

Nos **Apêndices II e III** são apresentados exemplos de cálculo para fim-de-linha e para ângulo, respectivamente.

ILUMINAÇÃO PÚBLICA (IP)

7.1 - CAMPO DE APLICAÇÃO:

Compreende a iluminação das vias urbanas, que se caracterizam pela existência de edificações ao longo da via, ou a presença de tráfego motorizado e de pedestres em maior ou menor escala, tomando por referência a **NBR - 5101**, em revisão na ABNT.

Não inclui a iluminação de praças, parques, passeios, monumentos, edifícios, áreas de lazer, etc., que para efeito de projeto de redes são considerados opcionais.

7.2 - CLASSIFICAÇÃO DE VIAS E TRÁFEGOS

7.2.1 - Classificação das Vias:

As vias de tráfego de veículos, de acordo com a **NBR-5101**, são classificadas como:

a) “A” - Vias rurais/estradas (não compreendidas nestes critérios)

A1 - Artérias

A2 - Coletoras

A3 - Locais e de acesso

b) “B” - Vias de Ligação

c) “C” - Urbanas

7.2.2 - Classificação dos tráfegos:

A classificação dos tráfegos a ser considerada nos projetos, para veículos e pedestres, deverá obedecer o estabelecido nas **tabelas 24 e 25 do ANEXO IV**.

7.3 - ILUMINÂNCIA:

7.3.1 - Níveis de Iluminância:

A iluminância deverá estar de acordo com os valores da **tabela 26 do ANEXO IV**, para leitos carroçáveis das vias com superfícies escuras (asfalto ou similar), podendo os valores serem divididos por 1,5 quando se tratar de superfícies claras (concreto ou similar).

Para as vias com "tráfego muito leve" e com "tráfego muito intenso" serão consideradas as exigências dos tráfegos "leve" e "intenso", respectivamente.

7.3.2 - Uniformidade da Iluminância:

$\geq 1/3$, em geral.

$\geq 1/6$, excepcionalmente para vias de tráfego leve.

7.4 - FONTES DE LUZ

7.4.1 - Altura de Montagem das Fontes de Luz:

Em geral, deverão ser respeitadas as alturas mínimas indicadas na **tabela 27 do ANEXO IV**.

7.4.2 - Fontes de Luz:

Recomenda-se fazer os projetos de iluminação pública orientados em planejamentos elaborados com base nas populações das localidades.

Como exemplo, para localidades até 200.000 habitantes, poderão ser utilizados os critérios da **tabela 28** do **ANEXO IV**, elaborada com base em pesquisa de tráfego e que deverá ser revisada quando o desenvolvimento tecnológico o exigir.

7.5 - POSTEAÇÃO:

Em geral, deverão ser utilizados os postes da rede de distribuição, conforme os critérios definidos no subitem 5.1 desta norma.

Desde que sejam obedecidos os valores de iluminação, definidos na **tabela 26** do **ANEXO IV**, a adoção dos critérios citados dependerá ainda dos seguintes aspectos:

- a) da largura da via;
- b) se a via tem ou não canteiro central;
- c) do tipo de iluminação adotado;
- d) do vão entre os postes;
- e) da possibilidade de extensão do ramal de serviço dentro dos limites de altura sobre o piso;
- f) e do comprimento do ramal de serviço.

7.6 - COMANDO:

Em geral, a iluminação pública, sempre que for instalada em postes das redes de distribuição, será controlada através de relés fotoelétricos individuais.

Os sistemas de comando em grupo, do tipo múltiplo, com comando por relé fotoelétrico e chave magnética, só serão utilizados em sistemas específicos de IP.

Os seguintes sistemas especiais, dependerão de estudos específicos e deverão ser tratados de acordo com as recomendações da **NBR - 5101**:

- a) cruzamentos de nível e em dois níveis;
- b) pistas convergentes e divergentes;
- c) curvas e elevações.

7.7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS:

As obras de instalações e/ou reforma de IP, que impliquem em investimentos, aumento de receita, diminuição da iluminância e/ou cobrança de participação financeira para Construção, somente poderão ser propostas e executadas após a concordância explícita da Diretoria Executiva da CEA, em arcar com os custos da nova instalação e em pagar a participação financeira para Construção, quando for o caso.

Como forma de agilizar o Programa de Eficiência Energética – PEE a ser implementado na área de concessão da CEA, a Divisão de Distribuição – DDI através da Seção de Planejamento da Distribuição poderá efetuar em conjunto com a Assessoria de Planejamento Empresarial – ASPE levantamento de dados referentes a iluminação pública.

8 - RECURSOS ESPECIAIS DE PROJETO

8.1 - CORREÇÃO DE NÍVEIS DE TENSÃO:

Quando os níveis de tensão se mantiverem fora dos limites predeterminados pelo perfil de tensão adotado, recursos adicionais para correção do problema devem ser considerados.

As diversas alternativas a seguir, devem ser analisadas técnica e economicamente, em função da situação específica do projeto:

8.1.1 - Regulação de Tensão:

A regulação de tensão é um dos recursos utilizados para manter o nível de tensão dentro dos limites predeterminados e cuja possibilidade de aplicação aos diversos componentes do sistema, dependerá de uma análise específica do sistema disponível.

8.1.1.1 - Regulação de Tensão na Subestação

A possibilidade de regulação de tensão na Subestação (SE), dependerá exclusivamente do tipo de SE adotada para cada sistema.

Por esse critério, podemos ter SE's dotadas de bancos de reguladores ou SE's com banco de capacitores, ou ainda, SE's dotadas de transformadores com LTC (comutação de tapes sob carga).

8.1.1.2 - Regulação na Rede Primária

De posse de um perfil de tensão onde são indicadas as diversas parcelas de quedas de tensão correspondentes a cada componente do sistema, pode-se obter uma maior faixa de variação da tensão na rede primária e, desde que a queda de tensão não exceda a **15%**, poderão ser usados reguladores de tensão ao longo da rede primária.

8.1.1.3 - Mudança de "Tape" em Transformador

A mudança de tapes nos transformadores de distribuição, pode ser uma alternativa a ser adotada para melhoria do nível de tensão da rede secundária. Entretanto, esta solução apresenta restrições para aplicação em uma mesma área, devido aos problemas operativos que podem surgir.

Este recurso pode ser aplicado em pequenas localidades alimentadas por redes primárias oriundas de localidades vizinhas, onde utiliza-se tapes em tensão superior.

O uso de tapes diferentes em uma mesma alimentação, deve ser feita observando-se o perfil de tensão em carga mínima, pois a tensão primária pode assumir valores elevados de forma a provocar tensões secundárias também elevadas nos transformadores cujos tapes são de tensão inferior.

A regulação dos tapes deverá ser realizada somente após análise das medições instantâneas ou registradas, e por técnicos qualificados e credenciados pelo setor de controle de distribuição da empresa, apresentando relatórios específicos existentes.

8.2 - COMPENSAÇÃO DE REATIVOS:

Os benefícios resultantes da instalação de bancos de capacitores na rede primária são:

- a) Diminuição das perdas;
- b) Correção do fator de potência;
- c) Liberação da capacidade em kVA do sistema;
- d) Elevação do nível de tensão;
- e) Regulação de tensão.

8.2.1 - Na determinação da potência capacitiva total instalada no sistema, deve-se pesar convenientemente os benefícios acima enumerados, face os custos envolvidos ou, em outras palavras, determinar-se o fator de potência ótimo para o sistema.

8.2.2 - Deverão ser convenientemente conscientizados e orientados os consumidores cujas atividades econômicas demandam o uso de motores, para que utilizem capacitores de baixa tensão agregados aos circuitos que alimentam os mesmos, como forma de corrigir o fator de potência a baixo custo (capacitores de AT são onerosos).

Desta forma, caberá à CEA tão somente zelar pela correção do fator de potência resultante das reatâncias indutivas de seus transformadores e redes de distribuição.

9 - APRESENTAÇÃO DO PROJETO

O projeto definitivo deverá ser composto das seguintes partes:

- Memorial descritivo;
- Cálculo de queda de tensão;
- Planta da rede primária;
- Desenho do projeto;
- Desenho de detalhes complementares do projeto;
- Relação de materiais.

9.1 - MEMORIAL DESCRITIVO:

Deverá conter informações referentes a:

- a) objetivo e necessidade da obra;
- b) características técnicas;
- c) número de consumidores ou áreas beneficiadas;
- d) demonstrativo do custo estimado da obra (diretos e indiretos) e do auxílio para construção, se houver;
- e) resumo descritivo das quantidades dos principais itens de materiais a serem empregados (postes, equipamentos e condutores);
- f) informações complementares a serem fornecidas à ANEEL (conforme determina o Manual de "Normas Técnicas e Procedimentos Jurídicos" da ANEEL).

9.2 - CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO:

Os cálculos de queda de tensão deverão ser apresentados, em separado, para a rede primária e para a rede secundária, contendo diagrama unifilar e planilhas de cálculo.

Nos casos de reformas, poderão ser indicadas as medições de corrente, tensão e demanda, efetuadas nos circuitos existentes e objeto da reforma.

9.3 - PLANTA E DESENHO DO PROJETO:

As plantas e desenhos, deverão ser elaborados em formato conveniente, padronizados pela ABNT, e devem ser complementados com as seguintes informações:

- a) Conter todos os arruamentos e logradouros, túneis, pontes e viadutos, rodovias, ferrovias e acidentes naturais;
- b) Mostrar a localização de todos os serviços públicos essenciais existentes na área do projeto.

Todos os desenhos deverão ser numerados, sendo que o nº correspondente deverá aparecer em destaque, assim como seus elementos descritivos, essenciais à identificação da planta.

9.3.1 - Planta de Rede Primária:

Deverá ser apresentada na escala **1:5000**, contendo:

- a) Indicação do tipo e bitola dos condutores;
- b) Localização da subestação, de todos os transformadores de distribuição, dos equipamentos de manobra, proteção e regulação tais como chave-fusível, chave à óleo ou a gás SF₆, chave-faca, religador, seccionizador, capacitor e regulador de tensão, bem como de todos os consumidores de AT com as respectivas características técnicas;
- c) Localização das derivações aéreas e subterrâneas e dos alimentadores rurais.

9.3.2 - Desenho do Projeto:

Deverá ser apresentado em escala **1:1000** contendo:

- a) A localização e a numeração de toda a posteação, com a indicação do tipo, altura e carga nominal;
- b) Indicação das estruturas primárias e secundárias, estaiamentos, aterramentos e seccionamentos;
- c) Indicação do tipo, bitolas e número de condutores primários, secundários e de IP;
- d) Tipo e capacidade de todos os transformadores;
- e) Chaves fusíveis - suas capacidades de ruptura e especificação do elo fusível;
- f) Religadores, seccionizadores, chaves de manobra, com suas características técnicas;
- g) Potência e tipo de lâmpadas de iluminação pública e de relé de comando;
- h) Reguladores de tensão;
- i) Pára-raios;
- j) Capacitores.

9.4 - DESENHO DE DETALHES COMPLEMENTARES DO PROJETO:

Deverão ser desenhados à parte, as travessias, os cruzamentos, a ocupação de faixa de domínio e as zonas de aproximação de aeroportos, de acordo com as normas existentes.

Outros detalhes que se fizerem necessários, por imposição de circunstâncias especiais, quando o simples desenvolvimento planimétrico não for suficiente para definir com precisão a montagem das estruturas ou a disposição e fixação dos condutores, estaiamentos, etc.

9.5 - RELAÇÃO DE MATERIAIS:


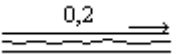

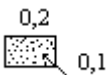
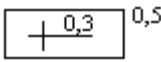

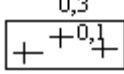





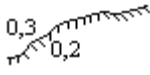

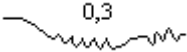





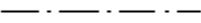
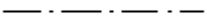
Deve fazer parte do projeto, uma relação com a descrição de todos os materiais e quantidades a serem empregadas, inclusive com os códigos e referências aos padrões da Empresa.

ANEXO I : SÍMBOLOS PARA OS MAPAS

TIPO	1 : 1000	1 : 5000
RUA		
RUA PROJETADA		
PONTE		
TÚNEL		
VIADUTO		
ESTRADA - FAIXA DE SERVIDÃO		
ESTRADA DE FERRO		
CERCA DE ARAME		
MURO		
FACHADA DE PRÉDIO		
RIO (SENTIDO DA CORRENTEZA)		
LAGO		
TERRENO ALAGADIÇO		

* Traço utilizado para desenhos e símbolos.

ANEXO I : SÍMBOLOS PARA OS MAPAS

TIPO	1 : 1000	1 : 5000
CANAL		
JARDIM		
IGREJA		
CEMITÉRIO		
PRAIA OU AREIA		
EROSÃO		
BARRANCO, CORTE, ATERRO		
VALETAS		
PONTO DE CONTROLE HORIZONTAL		
PONTO DE CONTROLE VERTICAL		
TELÉGRAFO E TELEFONE		
RETICULADO DE COORDENADAS	0,1 mm	0,1 mm
RETICULADO DE POSIÇÃO DE FOLHAS	0,2 mm	0,2 mm

* Traço utilizado para desenhos e símbolos.

ANEXO I : SÍMBOLOS PARA CADASTRO E PROJETO

ESPECIFICAÇÃO	TIPO	ESCALAS DE UTILIZAÇÃO			
		1 : 1000		1 : 5000	
		CADASTRO	PROJETO	CADASTRO	PROJETO
POSTE	MADEIRA				
	CONCRETO CIRCULAR				
	CONCRETO DUPLO T				
	AÇO (IP) - 01 PÉTALA				
	AÇO (IP) - 02 PÉTALAS				
	AÇO (IP) - 03 PÉTALAS				
	AÇO (IP) - 04 PÉTALAS				
	CONCRETO ORNAMENTAL (IP) 01 PÉTALA				
	CONCRETO ORNAMENTAL (IP) 02 PÉTALAS				
	CONCRETO ORNAMENTAL (IP) 03 PÉTALAS				
	CONCRETO ORNAMENTAL (IP) 04 PÉTALAS				
SECCIONAMENTO E MANOBRA	CHAVE FACA UNIPPOLAR SEM ABERTURA EM CARGA (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	CHAVE FACA UNIPOLAR COM ABERTURA EM CARGA (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
<p>Nota: No projeto, a característica deverá estar contida num retângulo. Fonte: CEA (Critérios para Projetos).</p>					

ANEXO I : SÍMBOLOS PARA CADASTRO E PROJETO

ESPECIFICAÇÃO	TIPO	ESCALAS DE UTILIZAÇÃO			
		1 : 1000		1 : 5000	
		CADASTRO	PROJETO	CADASTRO	PROJETO
SECCIONAMENTO E MANOBRA	CHAVE FACA TRIPOLAR SEM ABERTURA EM CARGA (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	CHAVE FACA TRIPOLAR COM ABERTURA EM CARGA (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
TRANSFORMADOR	TRANSFORMADOR DA CEA EXISTENTE (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	TRANSFORMADOR PARTICULAR (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	TRANSFORMADOR CEA EM PROJETO (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	TRANSFORMADOR DA CEA EM CABINE (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	TRANSFORMADOR PARTICULAR EM CABINE (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	SUBESTAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO SUBTERRÂNEA (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
PROTEÇÃO	CHAVE FUSÍVEL SEM ABERTURA EM CARGA (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	CHAVE FUSÍVEL COM ABERTURA EM CARGA (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	RELIGADOR MONOFÁSICO (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	RELIGADOR TRIFÁSICO (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	SECCIONALIZADOR MONOFÁSICO (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				

Nota: No projeto, a característica deverá estar contida num retângulo.

Fonte: CEA (Critérios para Projetos).

ANEXO I : SIMBOLOS PARA CADASTRO E PROJETO

ESPECIFICAÇÃO	TIPO	ESCALAS DE UTILIZAÇÃO			
		1 : 1000		1 : 5000	
		CADASTRO	PROJETO	CADASTRO	PROJETO
PROTEÇÃO	SECCIONALIZADOR TRIFÁSICO (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	PÁRA-RAIOS				
	ATERRAMENTO				
CONDUTOR	CONDUTOR PRIMÁRIO				
	CONDUTOR SECUNDÁRIO				
	CRUZAMENTO COM LIGAÇÃO				
	CRUZAMENTO SEM LIGAÇÃO				
	ENCABEÇAMENTO OU MUDANÇA DE BITOLA PRIMÁRIA. (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	ENCABEÇAMENTO OU MUDANÇA DE BITOLA SECUNDÁRIA. (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	SECCIONAMENTO DO PRIMÁRIO (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	SECCIONAMENTO DO SECUNDÁRIO. (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	SECCIONAMENTO NO MEIO DO VÃO.				

Nota: No projeto, a característica deverá estar contida num retângulo.

Fonte: CEA (Critérios para Projetos).









ANEXO I : SÍMBOLOS PARA CADASTRO E PROJETO

ESPECIFICAÇÃO	TIPO	ESCALAS DE UTILIZAÇÃO			
		1 : 1000		1 : 5000	
		CADASTRO	PROJETO	CADASTRO	PROJETO
REGULAÇÃO E COMPENSAÇÃO DE REATIVOS	REGULADOR DE TENSÃO (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	REGULADOR DE TENSÃO TIPO AUTO-BOOSTER. (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	CAPACITOR FIXO (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	CAPACITOR AUTOMÁTICO				
RAMAL	RAMAL DE SERVIÇO SECUNDÁRIO SUBTERRÂNEO				
	RAMAL DE SERVIÇO SECUNDÁRIO AÉREO				
	RAMAL DE SERVIÇO PRIMÁRIO SUBTERRÂNEO. (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	RAMAL DE SERVIÇO PRIMÁRIO SUBTERRÂNEO DUPLO. (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	RAMAL DE SERVIÇO PRIMÁRIO AÉREO. (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
ESTAIS	ESTAI DE POSTE A POSTE (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	ESTAI DE CONTRA-POSTE (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	ESTAI DE CRUZETA (INDICAR CARACTERÍSTICAS)				
	ESTAI DE ÂNCORA				

Nota: No projeto, a característica deverá estar contida num retângulo.

Fonte: CEA (Critérios para Projetos)

ANEXO I : SÍMBOLOS PARA CADASTRO E PROJETO

ESPECIFICAÇÃO	TIPO	ESCALAS DE UTILIZAÇÃO			
		1 : 1000		1 : 5000	
		CADASTRO	PROJETO	CADASTRO	PROJETO
ESTAIS	ESTAI DE SUBSOLO				
ILUMINAÇÃO PÚBLICA	LUMINÁRIA				
	RELÉ FOTOELÉTRICO				
	CAIXA DE COMANDO				

Nota; No projeto, a característica deverá estar contida num retângulo.
 Fonte: CEA (Critérios para Projetos)

ANEXO II
(Formulário nº 01)

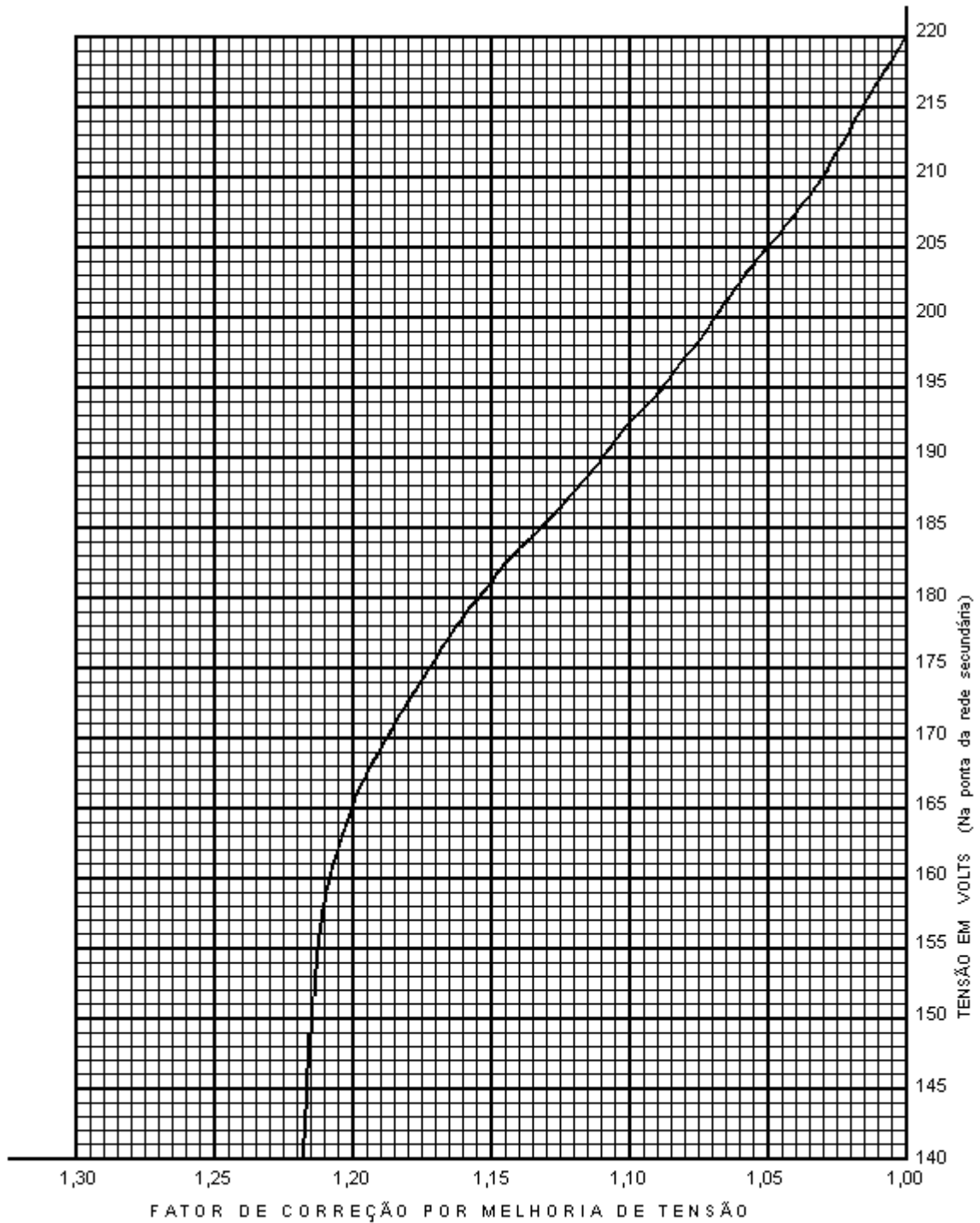
LEVANTAMENTO DE CARGAS ESPECIAIS - BT

LEVANTAMENTO DE CARGAS ESPECIAIS ----- CONSUMIDORES DE BT										
TRANSFORMADOR			CONSUMIDOR				DETALHE DE CARGA			
ENDEREÇO		ENDEREÇO	Nº	RAMO DE ATIVIDADE	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO	CARGA INSTALADA (kVA)	CORRENTE (A)	DEMANDA P/PROJETO (kVA)	DEMANDA MÁX. MEDIDA (kVA)	TENSÃO
TRANSF.	POTÊNCIA (kVA)	DENSIDADE DE CARGA (kVA/m)								
ENDEREÇO										
TRANSF.	POTÊNCIA (kVA)	DENSIDADE DE CARGA (kVA/m)								
ENDEREÇO										
TRANSF.	POTÊNCIA (kVA)	DENSIDADE DE CARGA (kVA/m)								
ENDEREÇO										
TRANSF.	POTÊNCIA (kVA)	DENSIDADE DE CARGA (kVA/m)								
ENDEREÇO										

Fonte: Relatório CODI - 3.2.21.02.0 (SCEI - 08.01)

ANEXO III

FATOR DE CORREÇÃO POR MELHORIA DE TENSÃO (Gráfico)



Fonte: N 6 - CESP

ANEXO IV

Tabela 01: fatores típicos de carga e demanda p/ consumidores ligados em AT

ITEM	RAMO DE ATIVIDADE	FC%	FD%
1.	PRODUTOS MINERAIS	31	62
1.1	Extração de minerais metálicos	31	62
2.	TRANSFORMAÇÃO DE MINERAIS NÃO METÁLICOS	29	71
2.1	Britamento de pedras	20	66
2.2	Fabricação de cal	41	70
2.3	Cerâmica	23	84
2.4	Fabricação de refratários	51	57
2.5	Preparação de argamassa, concreto (const. civil)	24	63
2.6	Beneficiamento de amianto, caulim, quartzo, etc.	35	70
3.	METALURGIA	51	61
3.1	Siderurgia	74	78
3.2	Fundição de metais ferrosos	41	64
3.3	Laminação de metais ferrosos	28	65
3.4	Fabricação de tubos, canos e estruturas de aço	39	37
3.5	Fabricação de artefato de ferro e aço trefilado	37	24
4.	MECÂNICA	28	25
4.1	Fabricação de máquinas e aparelhos industriais	36	27
5.	MATERIAL ELÉTRICO E DE COMUNICAÇÕES	37	47
6.	MATERIAL DE TRANSPORTES	30	33
6.1	Manutenção de veículos ferroviários	33	34
7.	MADEIRA	20	51
7.1	Serraria	17	50
8.	CELULOSE - PAPEL E PAPELÃO	52	61
8.1	Fabricação de papel	42	66
9.	BORRACHA	44	63
10.	COUROS, PELES E PRODUTOS SIMILARES	25	41
10.1	Curtume	25	41
11.	INDÚSTRIAS QUÍMICAS	44	68
11.1	Produção de elementos químicos	75	68
11.2	Acondicionamento de derivados de petróleo	36	73
12.	PRODUTOS MEDICINAIS	14	41
13.	PERFUMARIAS, SABÕES E VELAS	24	57
14.	TEXTIL	57	63
14.1	Fiação e tecelagem	61	62
15.	VESTUÁRIO, CALÇADOS E ARTIGOS DE TECIDOS	38	48
16.	PRODUTOS ALIMENTARES	38	66
16.1	Beneficiamento de cereais	26	66
16.2	Abate de animais	46	48
16.3	Laticínios	39	67
16.4	Fabricação de massas alimentícias	44	71
16.5	Fabricação de rações balanceadas	16	68
17.	BEBIDAS	37	64
18.	EDITORIAL E GRÁFICA	45	72
19.	COMERCIAL E SERVIÇOS		
19.1	Escolas	33	41
19.2	Hospitais	37	46
19.3	Hotéis	32	39
19.4	Mecânica de veículos e máquinas	27	44
19.5	Serviços de água e esgoto	66	84

Fonte: NBR

- OBS.: 1) Os valores foram calculados com base em dados de faturamento de consumidores primários.
 2) FC foi calculado, considerando-se um período médio de funcionamento dos vários consumidores.
 3) O valor do FD é o máximo típico para cada atividade.

ANEXO IV

Demandas diversificadas

Tabela 02 : Carga Mínima e Demanda para Instalações de Iluminação e Tomadas.

DESCRIÇÃO	CARGAS MÍNIMAS (W/m ²)	FATOR DE DEMANDA (%)
Auditórios, salas para exposições e semelhantes	15	100
Bancos, lojas e semelhantes	40	100
Vitrines	500	100
Barbearias, salões de beleza e semelhantes	30	100
Clubes e semelhantes	30	100
Escolas e semelhantes	30	100 para os primeiros 12 kW 50 para o que exceder de 12 kW
Escritórios	30	100 para os primeiros 20 kW 70 para o que exceder de 20 kW
Garagens comerciais e semelhantes	5	100
Hospitais e semelhantes	20	40 para os primeiros 50 kW 20 para o que exceder de 50 kW
Hotéis e semelhantes		50 para os primeiros 20 kW 40 para o que exceder de 20 kW
Igrejas e semelhantes	15	100
Residências	30	100 para os primeiros 10 kW 35 para o que exceder de 10 kW
Restaurantes e semelhantes	20	100
Corredores e passagens	5	100
Almoxarifados, rouparias e semelhantes	5	100

OBS.: 1) A tabela se refere à carga mínima das instalações elétricas para iluminação e tomadas até 600 W, em função da área de construção.

2) Os alimentadores de recinto em que, por sua natureza, toda a carga seja utilizada simultaneamente (sala de operações, salões de baile e recepções e semelhantes), deverão ser considerados com o fator de demanda de 100%.

ANEXO IV

Tabela 03 : Fatores de Demanda de Aparelhos de Aquecimento.

F A T O R D E D E M A N D A						
Nº DE APARELHOS	COM POTÊNCIA DE ATÉ 3,5 kW	COM POTÊNCIA DE 3,5 kW OU MAIS		Nº DE APARELHOS	COM POTÊNCIA DE ATÉ 3,5 kW	COM POTÊNCIA DE 3,5 kW OU MAIS
1	80	80		16	39	28
2	75	65		17	38	28
3	70	55		18	37	28
4	66	50		19	36	28
5	62	45		20	35	28
6	59	43		21	34	26
7	56	40		22	33	26
8	53	36		23	32	26
9	51	35		24	31	26
10	49	34		25	30	26
11	47	32		26 a 30	30	24
12	45	32		31 a 40	30	22
13	43	32		41 a 50	30	20
14	41	32		51 a 60	30	18
15	40	32		61 ou mais	30	16

Fonte: ABNT

ANEXO IV

Tabela 04: Potências Típicas de Aparelhos Eletrodomésticos e Eletroprofissionais.

APARELHO	POTÊNCIAS NOMINAIS TÍPICAS	APARELHO	POTÊNCIAS NOMINAIS TÍPICAS
Aquecedor de água central - (boiler) 50 a 100 l	1.000 W	Distribuidor de ar (fan coil)	250 W
Idem 150 a 200 l	1.250 W	Ebulidor	2.000 W
Idem 250 l	1.500 W	Enceradeira	300 W
Idem 300 a 350 l	2.000 W	Esterilizador	200 W
Idem 400 l	2.500 W	Exaustor de ar para cozinha (residencial)	300 a 500 VA
Aquecedor de água de passagem	4.000 a 8.000 W	Ferro de passar roupas	800 a 1.650 W
Aspirador de pó (residencial.)	500 a 1.000 W	Fogão (resid.) - por boca	2.500 W
Barbeador	8 a 12 W	Forno (resid.) - portátil	800 a 1.200 W
Batedeira	100 a 300 W	Forno (resid.) - fixo	4.500 W
Cafeteira	1.000 W	Forno de microondas (residencial)	1.200 VA
Caixa registradora	100 W	Geladeira (residencial.)	150 a 500 VA
Centrífuga	150 a 300 W	Grelha (grill)	1.200 W
Churrasqueira (resistiva)	3.000 W	Lavadora de pratos (resid.)	1.200 a 2.800 VA
Chuveiro	4.000 a 6.500 W	Lavadora de roupas (resid.)	770 VA
Condicionador de ar central (residencial)	8.000 W	Liquidificador	270 W
Condicionador de ar tipo janela 7.100 BTU	900 W	Máquina de costura (doméstica)	60 a 150 W
Idem 8.500 BTU	1.300 W	Máquina de escrever	150 VA
Idem 10.000 BTU	1.400 W	Projektor de slides	250 W
Idem 12.000 BTU	1.600 W	Retroprojektor	1.200 W
Idem 14.000 BTU	1.900 W	Secador de cabelos (doméstico)	500 a 1.200 W
Idem 18.000 BTU	2.600 W	Secadora de roupas (residencial.)	2.500 a 6.000 W
Idem 21.000 BTU	2.800 W	Televisor	75 a 300 W
Idem 30.000 BTU	3.600 W	Torneira elétrica	2.800 a 4.500 W
Congelador (frezer) - resid.	350 a 500 VA	Torradeira (residencial.)	500 a 1.200 W
Conjunto de som	150 W	Triturador de lixo (p/pia)	300 W
Copiadora tipo Xerox	1.500 a 3.500 VA	Ventilador (circulador de ar) - portátil	60 a 100 W
Cortador de grama	800 a 1.500 W	Ventilador (circulador de ar) - pedestal	100 a 300 W

FONTES: MANUAL PIRELLI - 1990 e GENO/CEB

ANEXO IV

Tabela 05 : Conversão de "HP" em "KVA "

MOTORES TRIFÁSICOS				MOTORES MONOFÁSICOS			
HP	KVA	HP	KVA	HP	KVA	HP	KVA
1	1,10	7,50	6,60	1/3	0,41	1,50	1,54
2	2,00	10	8,80	1/2	0,61	2	2,10
3	2,80	15	13,20	3/4	0,85	3	3,15
5	4,50	20	17,50	1	1,05	5	4,60

Ref.: Tabela para avaliação do fator de potência para motores trifásicos e tabelas diversas para monofásicos.

- Obs.:
- 1) - Com motores trifásicos a tabela é válida para motores de indução, operando a 75% de sua carga nominal.
 - 2) - A conversão deve ser feita para cada motor e não para a soma total em HP.
 - 3) - Para motores que não constem da tabela, pode-se determinar um resultado aproximado por interpolação.

Tabela 06: Características Mecânicas de Condutores de Alumínio - CA

BITOLA AWG/MCM		CONDUTORES				
		4	2	1/0	4/0	336,4
CÓDIGO		ROSE	IRIS	POPPY	OXLIP	TULIP
Aplicável em RDU	AT	X	X	X	X	X
	BT	X	X	X	X	---
FORMAÇÃO (n° de fios)		7	7	7	7	19
DIST. MÉDIA GEOMÉTRICA "G" (mm)		2,13	2,69	3,39	4,81	6,40
SEÇÃO NOMINAL (mm ²)		21,14	33,65	63,48	107,25	170,57
DIÂMETRO TOTAL (mm)		5,88	7,42	9,36	13,25	16,90
PESO NOMINAL (kgf/km)		58	92,31	146,72	294,25	470,27
CARGA DE RUPTURA (kgf)		390,1	598,7	881,1	1696,4	2722,4

- Observações:
- 1) "G", coluna 17, referência C-03 do Relatório SCEI – CEB -13.07
 - 2) Peso específico do alumínio = 2,703 g/cm³ (NBR - 7271/82)
 - 3) Resistividade elétrica do alumínio = 28,264 Ω.mm²/km
 - 4) Dados extraídos da NBR - 7271/82 e publicações ASTM B-231 e B-232 (PIRELLI)

ANEXO IV

Tabela 07: Características Elétricas de Condutores de Alumínio - CA

BITOLA AWG/MCM		CONDUTORES				
		4	2	1/0	4/0	336,4
RESISTÊNCIA ELÉTRICA	25°C	1,384	0,870	0,547	0,273	0,173
	60 HZ (Ω/km)	50°C	1,521	0,956	0,601	0,300
REATÂNCIA INDUTIVA A 60 HZ EM W/km Para Deq em MM (tabela 08)	200	0,342	0,325	0,307	0,281	0,259
	252	0,360	0,342	0,325	0,298	0,277
	755	0,443	0,425	0,427	0,381	0,360
	786	0,446	0,428	0,411	0,384	0,362
	943	0,459	0,442	0,424	0,398	0,376
	1070	0,469	0,452	0,434	0,407	0,386
	1089	0,470	0,453	0,435	0,409	0,387
	1132	0,473	0,455	0,438	0,412	0,390
	1322	0,485	0,467	0,450	0,423	0,402
	1323	0,485	0,467	0,450	0,423	0,402
1382	0,488	0,467	0,453	0,427	0,405	
CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE COM VENTO-SOL (A)		114	152	203	314	419

Observações:

1) Resistividade elétrica do alumínio = 28,264 Ω.mm²/km

2) Resistência elétrica onde:

$$R_{50^{\circ}\text{C}} = R_{25^{\circ}\text{C}} \times 1,09875$$

3) Reatância indutiva onde:

$$X = 0,1736 \times \text{LOG}_{10} \frac{\text{Deq}}{\text{G}} \quad (\Omega/\text{m}) \quad \text{sendo: Deq} = (\text{ver tabela 08})$$

4) Imáx. - Dados extraídos da NBR 7271/82 e publicações ASTM B-231 e B-232 (Pirelli)

ANEXO IV

Tabela 08 : CRUZETA - Distância equivalente entre fases

ESTRUTURA		CRUZETA								DISTÂNCIA EQUIVALENTE (mm)
		2,00 metros				2,40 metros				
		DISTÂNCIA ENTRE FASES (mm)			DISTÂNCIA EQUIVALENTE	DISTÂNCIA ENTRE FASES (mm)			DISTÂNCIA EQUIVALENTE	
ARRANJO	TIPO	d12	d23	d31	Deq	d12	d23	d31	Deq	Deq
NORMAL	N1 e N2	600	1200	1800	1089	700	1500	2200	1322	
	N3 e N4	850	850	1700	1070	1050	1050	2100	1323	
MEIO	M1 e M2	950	850	1800	1032	1200	1000	2200	1382	
BECO	M3 e M4	850	850	1700	1070	1050	1050	2100	1323	
BECO	B1 e B2	600	600	1200	755	800	700	1500	943	
	B3 e B4	650	600	1250	786	800	700	1500	943	
SECUN-DÁRIO	3 Ø									252
	1 Ø									200

CÁLCULO:

$$Deq = \sqrt[3]{d_{12} \times d_{23} \times d_{31}}$$

Fonte: Dados extraídos da Relatório CODI - 3.2.21.02.0 (SCEI.- 08.01)

Tabela 09 : Coeficientes de Queda de Tensão - Rede Primária (13,8 kV e 34,5 kV)

CONDUTOR AWG/MCM	TEMPERATURA 50°C - ee = 1,35 m				TEMPERATURA 50% - ee = 1,09 m			
	13,8 KV		34,5 KV		13,8 KV		34,5 KV	
	FP=1,0	FP=0,8	FP=1,0	FP=0,8	FP=1,0	FP=0,8	FP=1,0	FP=0,8
4	0,7951	0,7891	0,1272	0,1262	0,7951	0,7841	0,1272	0,1254
2	0,5003	0,5477	0,0800	0,0876	0,5003	0,5419	0,0800	0,0867
1/0	0,3143	0,3934	0,0501	0,0629	0,3143	0,3884	0,0501	0,0621
4/0	0,1572	0,2595	0,0251	0,0415	0,1572	0,2544	0,0251	0,0407
336,4	0,0989	0,2060	0,0158	0,0329	0,0989	0,2009	0,0158	0,0321

CÁLCULO:

$$\Delta V\% = \frac{R \cos \Phi + X \sen \Phi}{kV^2} \times 100 \quad (\text{MVA x km})$$

Fonte: ASPE/CEA

ANEXO IV

**Tabela 10: Coeficientes de Queda de Tensão
Rede Secundária 380/220 V - Valores em % / KVA x 100 m**

ALUMÍNIO SIMPLES CA		
CONDUTORES AWG/MCM	FP = 1,0	FP = 0,8
	3 FASES - 50°C - ee = 0,252 m	
4	0,1053	0,0997
2	0,0662	0,0672
1/0	0,0416	0,0468
4/0	0,0208	0,0290
336,4	0,0132	0,0220

2 FASES - 50°C - ee = 252 m		
2 x 4 (4)	0,2370	0,2233
2 x 2 (4)	0,1783	0,1752
2 x 1/0 (2)	0,1121	0,1206

1 FASE - 50°C - ee = 0,200 m		
1 x 4 (4)	0,6320	0,5909
1 x 2 (4)	0,5146	0,4948
1 x 1/0 (2)	0,3235	0,3376

CÁLCULOS:

3 FASES:

$$\Delta V\% = \frac{RF \cdot \cos \Phi + XF \cdot \sen \Phi}{V^2} \cdot 10 \cdot 000$$

2 FASES+NEUTRO:

$$\Delta V\% = \left[\left(RF + \frac{RN}{2} \right) \cdot \cos + \left(XF + \frac{XN}{2} \right) \cdot \sen \right] \cdot \frac{15 \cdot 000}{V^2}$$

1 FASE+NEUTRO:

$$\Delta V\% = \left[(RF + RN) \cdot \cos \Phi + (XF + XN) \cdot \sen \Phi \right] \cdot \frac{30 \cdot 000}{V^2}$$

RF = Resistência do condutor fase
RN = Resistência do condutor neutro

XF = Reatância indutiva do condutor fase
XN = Reatância indutiva do condutor neutro

Fonte: ASPE/CEA

ANEXO IV

Tabela 11: Elos Fusíveis para Transformadores 13,8 KV

R D U 13,8 KV		
POTÊNCIA (KVA)	TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS	TRANSF. TRIFÁSICOS
	LIGAÇÃO FASE-NEUTRO	3 Ø
5	1H	-
10	2H	1H
15	3H	1H
25	5H	-
30	-	2H
37,5	6K	-
45	-	3H
50	8K	-
75	10K	5H
100	15K	-
112,5	-	6K
150	-	8K
225	-	10K
300	-	15K

Tabela 12: Interligação do Transformador com a Rede Secundária

POTÊNCIA DO TRANSFORMADOR (KVA)	CABO DE COBRE ISOLADO DE 1 KV			
	NORMAL		ALTERNATIVA	
	mm ²	A	mm ²	A
15	70	165	35	110
30	70	165	35	110
45	70	165	35	110
75	70	165	2 x 35	220
112,5	2 x 70	330	120	240
150	2 x 70	330	240	370
225	2 x 120	480	-	-
300	2 x 240	740	-	-

ANEXO IV

Tabela 13: Capacidade Nominal dos Postes (daN)

POSTE CIRCULAR DE CONCRETO				POSTE DUPLO-T							
9 m	11 m	12 m	13 m	9 m		11 m		12 m		13 m	
				Face A	Face B	Face A	Face B	Face A	Face B	Face A	Face B
150	-	-	-	75	150	-	-	-	-	-	-
300	300	300	-	150	300	150	300	150	300	150	300
600	600	600	600	300	600	300	600	300	600	300	600
-	1000	1000	1000	-	-	500	1000	500	1000	500	1000
-	1500	1500	1500	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 14: Trações de Projeto para AT e BT (AL - CA)

CONDUTOR (AWG)	4	2	1/0	4/0	336,4
daN	56	89	142	284	452

Obs.: Valores válidos para vãos até 80 m, exceto para cabo CA 4 AWG, cujos valores de tração para vãos acima de 50 m são dados pela tabela 03 abaixo:

Tabela 15: Trações de Projeto para Cabo CA 4 AWG (50-80 m)

VÃO (m)	55	60	65	70	75	80
daN	58	61	63	65	67	69

Observações:

- 1) Tabela 01 : Fonte D.GENO// NBR 8452/85
- 2) Tabelas 02 e 03 : Fonte CEMIG/90
- 3) As trações de projeto correspondem a 1/7 das trações de ruptura, calculados em função do cabo básico.
- 4) Os postes de 13 metros por não constar da NBR 8452/85, serão considerados especiais.

ANEXO IV

Tabela 16: Comprimento/Resistência Mínimos de Poste p/Inst. de Equipamentos

EQUIPAMENTO	TIPO/POTÊNCIA	COMPRIMENTO MÍNIMO (m)	RESISTÊNCIA MÍNIMA (daN)	
			CIRCULAR	DUPLO-T
TRANSF. MONOFÁSICO	de 5 a 37,5 KVA	11	300	300
TRANSF. TRIFÁSICO	de 15 a 45 KVA	11	300	300
	de 75 a 112,5 KVA		600	600
	Acima de 112,5 KVA		600	--
RELIGADOR	400/15 KV	11	300	300
SECCIONALIZADOR	400/15 KV	11	300	300
CAPACITOR	Banco de 300 a 600 KVAR	11	600	600
REGULADOR	Monofásico até 167 KVA	11	600	--
CHAVE FUSÍVEL	Qualquer	11	200	150
PÁRA-RAIOS	Qualquer	11	200	150
CHAVE-FACA UNIPOLAR	Qualquer	11	200	150
CHAVE-FACA TRIPOLAR	Qualquer	11	300	300

Fonte: D.GENO/CEB

Nota: Para instalação ou retirada de transformadores, religadores, capacitores, e reguladores é obrigatória a utilização de equipamento hidráulico ou similar.

ANEXO IV

Tabela 17: Esforço Devido à Ação do Vento Sobre o Poste Circular - r2

POSTES	ÁREA "S" DO POSTE ACIMA DO SOLO (m ²)	ALTURA "hcg" DO CENTRO DE GRAVIDADE (m)	ESFORÇO "Pv x S" NO CENTRO DE GRAVIDADE (daN)	ESFORÇO "R2" A 20 Cm DO TOPO (daN)
9/150	1,687	3,280	34	16
9/300	1,838	3,311	37	17
9/600	2,063	3,349	42	20
11/200	2,260	4,017	46	21
11/300	2,446	4,059	49	22
11/600	2,725	4,111	55	25
11/1000	3,004	4,154	60	28
11/1500	3,562	4,218	72	34
12/300	2,774	4,426	56	25
12/600	3,080	4,486	62	28
12/1000	3,386	4,534	68	31
12/1500	3,912	4,622	79	37
13/600	3,499	4,835	70	32
13/1000	3,974	4,843	80	36
13/1500	4,545	5,968	91	42

Fonte: D.GENO/CEB

No cálculo da tabela acima, o esforço devido à ação do vento sobre os postes, aplicado a 20 cm do topo, (R2), foi calculado a partir de:

$$R_2 = P_v \cdot S \cdot \frac{h_{cg}}{h}$$

R2 = Esforço devido à ação do vento

Pv = Pressão do vento (considerada 20 daN)

h = Área do poste acima do solo

hcg = Altura do centro de gravidade

h = Altura livre do poste até 20 cm do topo

Pv . S = Esforço aplicado no centro de gravidade

ANEXO IV

Tabela 18: Esforço Devido à Ação do Vento Sobre Poste Duplo - "T" - R2

IDENTIFICAÇÃO DOS POSTES	ÁREA "S" DO POSTE ACIMA DO SOLO (m ²)	ALTURA "Hcg" DO CENTRO DE GRAVIDADE (m)	ESFORÇO "Pv x S" NO CENTRO DE GRAVIDADE (daN)	ESFORÇO "R2" A 20 Cm DO TOPO (daN)
FACE A				
9/150	1,350	3,333	41	20
9/300	1,838	3,214	55	25
9/600	1,838	3,214	55	25
11/300	2,513	3,903	76	33
11/600	2,513	3,903	76	33
11/1000	2,903	4,004	87	39
12/300	2,885	4,242	87	37
12/600	2,885	4,242	87	37
12/1000	3,313	4,353	100	44
13/300	3,279	4,578	99	42
13/600	3,279	4,578	99	42
13/1000	3,745	4,698	113	49
FACE B				
9/150	1,031	3,409	31	15
9/300	1,388	3,243	42	20
9/600	1,388	3,243	42	20
11/300	1,888	3,940	57	25
11/600	1,888	3,940	57	25
11/1000	2,167	4,031	65	29
12/300	2,162	4,282	65	28
12/600	2,162	4,282	65	28
12/1000	2,468	4,383	74	33
13/300	2,453	4,621	74	32
13/600	2,453	4,621	74	32
13/1000	2,786	4,732	84	37

Fonte: D.GENO/CEB

Pv x S = esforço aplicado no centro de gravidade

Pv = pressão do vento (considerada 30 daN/m²)

hcg = altura do centro de gravidade

h = altura livre do poste até 20 cm do topo

$$R_2 = P_v \cdot S \cdot \frac{h_{cg}}{h}$$

OBS.: Os postes de 13 metros por não constarem da NBR 8452/85 serão considerados especiais.

ANEXO IV

**Tabela 19: Esforço devido à pressão do vento sobre condutores secundários - AL CA
R1S - (em daN e a 20 cm do topo)**

POSTE	CONDUTORES - AL CA		POSTE	CONDUTORES - AL CA	
	BITOLAS	R1S		CONDUTORES	R1S
9 m	3 # 4 (4)	18	11 m	3 # 4 (4)	15
	3 # 2 (4)	22		3 # 2 (4)	17
	3 # 1/0 (2)	27		3 # 1/0 (2)	22
	3 # 4/0 (1/0)	37		3 # 4/0 (1/0)	30

Roteiro de cálculo do valor R1S:

Fonte: D.GENO/CEB

1º) Cálculo do esforço devido ao vento, para cada cabo (fases e neutro), na altura de instalação dos mesmos:

$$\boxed{R = P_v \cdot \Phi \cdot C}$$

onde P_v = Pressão do vento (considerada 20 daN/m²)
 Φ = Diâmetro do condutor em metro
 C = Comprimento do vão (considerado 40 m)

2º) Transferência de cada valor "R" calculado, para 20 cm do topo do poste:

$$\boxed{R_{20} = R \cdot \frac{h}{h_{20}}}$$

onde R_{20} = Esforço devido ao vento a 20 cm do topo
 h = Distância do condutor ao solo
 h_{20} = Altura livre do poste até 20 cm do topo

3º) Soma dos 04 valores de R20 encontrados, resultando R1S.

**Tabela 20: Esforço devido a pressão do vento sobre condutores primários - AL CA
R1P - (em daN e a 20 cm do topo)**

BITOLA	CONDUTORES - AL CA		
	Ø (m)	S (m)	R1P
3 # 4	0,00588	0,7056	15
3 # 2	0,00742	0,8904	18
3 # 1/0	0,00936	1,1232	23
3 # 4/0	0,01325	1,5900	32
3 # 336,4	0,01690	2,0280	41

Fonte: D.GENO/CEB

Para cálculo dos valores de R1P, foi utilizada a mesma equação usada para calcular a tabela de esforços sobre condutores secundários:

$$\boxed{R = 3 \cdot (P_v \cdot \Phi \cdot C)}$$

ou seja, $\boxed{R = P_v \cdot S}$

onde: S = Área dos condutores expostos ao vento
 P_v = 20 daN/m²
 Φ = Diâmetro do condutor
 C = 40 metros

Obs.: Para o caso dos condutores primários, a altura da instalação já é a 20 cm do topo,

logo: $\boxed{R_{1P} = R}$

ANEXO IV

Tabela 21: Esforço resultante da pressão do vento sobre postes, condutores e da tração dos condutores - BAIXA TENSÃO (AL CA)

POSTE CIRCULAR - 9 m

CONDUTORES AWG	ÂNGULOS							
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	90°	FIM DE LINHA
	em daN a 20 cm do topo							
3 # 4 (4)	72	109	144	178	211	243	326	239
3 # 2 (4)	95	147	198	248	295	371	461	336
3 # 1/0 (2)	132	215	297	376	452	526	720	522
3 # 4/0 (1/0)	222	384	543	699	849	992	1374	991

POSTE CIRCULAR - 11 m

CONDUTORES AWG/MCM	ÂNGULOS							
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	90°	FIM DE LINHA
	em daN a 20 cm do topo							
3 # 4 (4)	64	96	124	152	178	204	270	200
3 # 2 (4)	82	124	165	2204	243	279	376	275
3 # 1/0 (2)	115	182	247	311	372	431	586	425
3 # 4/0 (1/0)	189	317	444	567	688	800	1103	793

Fonte: D.GENO/CEB

ANEXO IV

Tabela 22: Esforço Resultante da Pressão do Vento Sobre Postes e Condutores e, da Tração dos Condutores - ALTA TENSÃO (AL CA)

POSTE CIRCULAR 11 m

CONDUTORES AWG/MCM	ÂNGULOS							
	10°	20°	30	40°	50°	60°	90	FIM DE LINHA
	em daN a 20 cm do topo							
3 # 4	67	95	123	151	177	202	267	198
3 # 2	87	132	177	221	263	303	409	298
3 # 1/0	122	196	266	337	404	469	642	463
3 # 4/0	209	355	499	639	775	904	1255	902
3 # 336,4	311	545	774	998	1214	1421	1974	1414

POSTE CIRCULAR - 12 m

CONDUTORES AWG/MCM	ÂNGULOS							
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	90°	FIM DE LINHA
	em daN a 20 cm do topo							
3 # 4	69	98	126	153	180	205	270	201
3 # 2	90	135	180	224	266	309	505	304
3 # 1/0	125	199	269	340	407	475	645	469
3 # 4/0	212	358	502	642	778	907	1258	905
3 # 336,4	314	548	777	1001	1217	1424	1977	1416

Fonte: D.GENO/CEB

ANEXO IV

Tabela 23: esforço resultante da pressão do vento sobre postes, condutores e da tração dos condutores - REDE MISTA (AL CA)

POSTE CIRCULAR - 11 m

CONDUTORES		ÂNGULOS							FIM DE LINHA
		10°	20°	30°	40°	50°	60°	90°	
AT	BT	em daN a 20 cm do topo							
3 # 4	3 # 4 (4)	111	169	225	280	336	386	518	381
	3 # 2 (4)	126	196	265	335	400	461	627	458
	3 # 1/0 (2)	159	255	348	439	527	613	835	608
	3 # 4/0 (1/0)	230	387	542	695	840	979	1354	979
3 #2	3 # 4 (4)	131	206	279	354	422	487	663	484
	3 # 2 (4)	146	234	323	406	486	563	768	560
	3 # 1/0 (2)	176	289	402	509	616	714	976	710
	3 # 4/0 (1/0)	250	425	596	766	927	1083	1492	1080
3 # 1/0	3 # 4 (4)	164	266	369	467	560	653	890	648
	3 # 2 (4)	179	294	409	519	628	728	996	724
	3 # 1/0 (2)	209	352	489	626	754	877	1209	877
	3 # 4/0 (1/0)	280	487	686	879	1071	1245	1723	1245
3 # 4/0	3 # 4 (4)	247	426	598	769	931	1092	1503	1086
	3 # 2 (4)	262	453	638	818	992	1167	1609	1162
	3 # 1/0 (2)	292	509	721	925	1128	1316	1816	1312
	3 # 4/0 (1/0)	366	644	915	1184	1438	1682	2329	1680
3 # 336,4	3 # 4 (4)	347	609	870	1128	1370	1602	2220	1599
	# 2 (4)	362	640	911	1180	1434	1678	2326	1675
	3 # 1/0 (2)	392	695	990	1284	1561	1827	2534	1825
	3 # 4/0 (1/0)	463	828	1190	1537	1872	2193	3047	2193

Fonte: D.GENO/CEB

ANEXO IV

CLASSIFICAÇÃO DOS TRÁFEGOS

Tabela 24: Tráfego motorizado (veículos)

CLASSIFICAÇÃO	TRÁFEGO NOTURNO EM AMBAS AS DIREÇÕES (veículos/hora)
Tráfego leve	< 500
Tráfego médio	500 a 1200
Tráfego intenso	> 1200

Tabela 25: Tráfego de pedestres

CLASSIFICAÇÃO	PEDESTRES CRUZANDO VIAS COM TRÁFEGO MOTORIZADO
Tráfego leve	como nas ruas residenciais
Tráfego médio	como nas ruas comerciais secundárias
Tráfego intenso	como nas ruas comerciais principais

ANEXO IV

**Tabela 26: ILUMINAMENTOS MÉDIOS HORIZONTAIS FINAIS
(LUX)**

TRÁFEGO DE PEDESTRES	TRÁFEGO DE VEÍCULOS (VIAS CLASSE B e C)		
	Leve	Médio	Intenso
	L U X		
Leve	3,0	7,5	15,0
Médio	7,5	15,0	21,0
Intenso	15,0	21,0	25,5

ANEXO IV

Tabela 27: ALTURAS DE MONTAGEM DE FONTES DE LUZ

Intensidade Luminosa Máxima da Luminária (cd)	Altura Mínima de Montagem (m)		
	Distribuição Limitada	Distribuição Semi-Limitada	Distribuição Não Limitada
< 5.000	6.00	6.00	7.50
5.000 a 10.000	6.00	7.50	9.00
10.000 a 15.000	7.50	9.00	10.00
> 15.000	9.00	10.50	12.00

NOTAS:

- 1)- Distribuição Limitada - a intensidade luminosa acima da Linha Transversal das Vias Limitantes não excede numericamente, 10% dos lumens nominais das fontes luminosas empregadas.
As LTV limitantes para efeito de ofuscamento:
curta - 3.75 H
média - 6.00 H H = altura de montagem
longa - 8.00 H
- 2)- Distribuição Semi-limitada - a intensidade luminosa acima da LTV limitante, situa-se numericamente entre 10% e 30% dos lumens nominais, da fonte empregada.
- 3)- Distribuição Não-limitada - não há limitação de intensidade luminosa na zona acima da máxima intensidade luminosa, isto é, quando excede numericamente 30% dos lumens nominais da fonte empregada.

ANEXO IV

Tabela 28: Critérios para Uniformização das Instalações de IP (ex. para localidades até 200.000 hab.)

POPULAÇÃO DA LOCALIDADE	CLASSES DE VIAS									
	A (RURAI)S - Locais		C (URBANAS)							
	B (LIGAÇÃO) - Ligação		COMERCIAIS E INDUSTRIAIS				RESIDENCIAIS			
	C (URB.) - Expressas		PRINCIPAIS (área central)		SECUNDÁRIAS (área secundária)		PRINCIPAIS E SECUNDÁRIAS		SUBURBANAS (4)	
HABITANTES	LÂMP.	LUMIN.	LÂMP.	LUMIN.	LÂMP.	LUMIN.	LAMP.	LUMIN.	LAMP.	LUMIN.
< 1.000	H-125 W (1)	Aberta (1)	H-125 W	Aberta	H-125 W	Aberta	H-125 W	Aberta	H-80 W	Aberta
1.000 a 5.000	H-400 W (2)	Fechada (2)	H-400 W	Fechada						
5.000 a 50.000	H-400 W	Fechada	H-400 W	Fechada	H-400 W (3)	Fechada (3)				
50.000 a 200.000	Na-400 W ou Na-360 W				H-400 W	Fechada				
>200.000	PROJETOS ESPECÍFICOS									

- (1) - Veículos transitando em baixa velocidade; para veículos em média ou alta velocidade, utilizar H-400 W.
- (2) - Para vias locais e de ligação de localidades com pouco crescimento e veículos transitando em baixa velocidade poderá ser utilizada lâmpada H-125 W e luminária aberta.
- (3) - Nas vias transversais de localidades com pouco crescimento, poderá ser utilizada a lâmpada H-125W e luminária aberta.
- (4) - Veículos transitando em baixa velocidade e tráfego muito leve, desde que outras características não exigirem padrão superior.

ANEXO V

CONFIGURAÇÃO ÓTIMA PARA REDE SECUNDÁRIA TAXA DE CRESCIMENTO - 2,5% AO ANO

DENSIDADE DE CARGA INICIAL (kVA/m)	5º ANO	10º ANO
0,025		
0,050		
0,100		
0,250		
0,500		
1,00		

Observação: As indicações em tracejado referem-se às modificações a serem feitas na rede no final do período de 5 anos.

ANEXO V

CONFIGURAÇÃO ÓTIMA PARA REDE SECUNDÁRIA TAXA DE CRESCIMENTO DE 5% AO ANO

DENSIDADE DE CARGA INICIAL (kVA/m)	5º ANO	10º ANO
0,025		
0,050		
0,100		
0,250		
0,500		
1,000		

Observação: As indicações em tracejado referem-se às modificações a serem feitas na rede no final do período de 5 anos.

ANEXO V

CONFIGURAÇÃO ÓTIMA PARA REDE SECUNDÁRIA TAXA DE CRESCIMENTO - 10% AO ANO

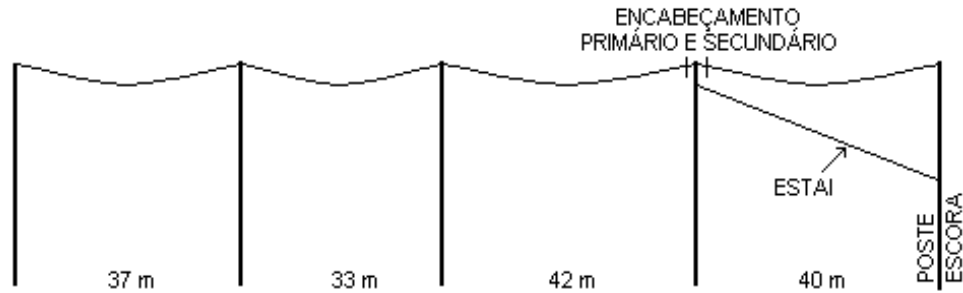
DENSIDADE DE CARGA INICIAL (kVA/m)	5º ANO	10º ANO
0,025		
0,050		
0,050 (ALTERNATIVA)		
0,100		
0,250		
0,500		
1.000		<p style="text-align: center;">DENSIDADE DE CARGA</p> <p style="text-align: center;">52 MVA/km²</p> <p style="text-align: center;">REDE SUBTERRÂNEA</p>

Observação: As indicações em tracejado referem-se às modificações a serem feitas na rede no final do período de 5 anos.

APENDICE II

EXEMPLO 1: CÁLCULO DE REDUÇÃO DE TENSÕES PARA FIM-DE-LINHA

Dada uma rede com a configuração abaixo:



onde:

Rede de AT = 3 # 4/0 CA

Rede de BT = 3 # 1/0 (2) CA

Poste mais pesado disponível é o 11m x 600 daN.

A altura livre do poste será:

$$h = 11 - \left(\frac{L}{10} + 0,6 \right) = 11 - \left(\frac{11}{10} + 0,6 \right)$$
$$h = 11 - 1,7 = 9,3 \text{ m}$$

A resistência nominal dos postes é considerada a 20 cm do topo, de modo que a altura fica sendo:

$$h = 9,3 - 0,2 \quad \Rightarrow \quad h = 9,1 \text{ m}$$

Cálculo da tração básica devido aos condutores e o esforço do vento sobre o poste e os condutores (**Tabela 14 - ANEXO IV**):

Condutores da **A.T.**: 4/0 \rightarrow $T_c = 284 \text{ daN/condutor}$

O esforço dos condutores primários a 20 cm do topo será:

$$T_c = 3 \times 284 = 852 \text{ daN}$$

Condutores da **B.T.**: 1/0 \rightarrow $T_c = 142 \text{ daN/condutor}$

2 \rightarrow $T_c = 89 \text{ daN/conduto}$

O esforço dos condutores secundários a 20 cm do topo será:

$$Tc \text{ secund.} = \frac{89 \times 7,2 + 142 \times (7,0 + 6,8 + 6,6)}{9,1}$$

$$Tc \text{ secund.} = \mathbf{389 \text{ daN}}$$

O esforço total a 20 cm do topo será:

$$Tc = Tc \text{ prim.} + Tc \text{ secund.} = 852 + 389 = \mathbf{1241 \text{ daN}}$$

Pressão do vento a 20 cm do topo:

$$\text{Sobre poste } 11\text{m} \times 600 \text{ daN} = 25 \text{ daN} \quad (\text{Tabela 17 - Anexo IV})$$

$$\text{Sobre condutores secundários} = 22 \text{ daN} \quad (\text{Tabela 18 - Anexo IV})$$

$$\text{Sobre condutores primários} = 22 \text{ daN} \quad (\text{Tabela 19 - Anexo IV})$$

$$\text{Total: } Pv = \mathbf{79 \text{ daN}}$$

A pressão do vento sendo perpendicular aos condutores, a tração básica, resultante de todos os esforços sobre o poste será:

$$Tb^2 = 1241^2 + 79^2 \Rightarrow Tb = \mathbf{1244 \text{ daN}}$$

Como o poste de maior resistência no topo é o de 600 daN, será intercalado um outro, entre o último poste e a escora, visando reduzir a tensão.

A tensão reduzida (T_r) a ser aplicada no último poste é dada pela expressão:

$$T_r = \left(\frac{V_r}{V_b} \right)^2 \times T_b$$

V_r = Vão reduzido. Como o vão entre o último poste e a escora é de 40 m, ao intercalar outro poste, o vão reduzido será de 20 m.

$$V_b = \text{Vão básico} \Rightarrow V_b = V_m + \frac{2}{3} \times (V_{\text{máx.}} - V_m)$$

Pelo desenho:

$$V_m \text{ (vão médio)} = \frac{37 + 33 + 42}{3} = \mathbf{37,33 \text{ m}}$$

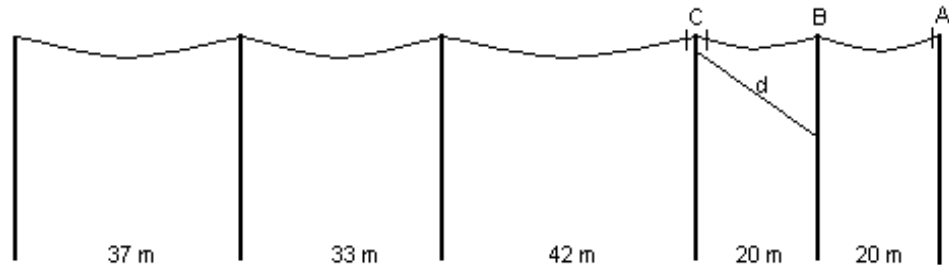
$$V_{\text{máx.}} \text{ (vão máximo)} = \mathbf{42 \text{ m}}$$

$$V_b = 37,33 + \frac{2}{3} \times (42 - 37,33) = \mathbf{40,44 \text{ m}}$$

logo:

$$Tr = \left(\frac{20}{40,44} \right)^2 \times 1244 \quad \Rightarrow \quad Tr = 304 \text{ daN}$$

A configuração da rede fica sendo então:



d = estai

B = poste intercalado

A = poste onde será aplicada a tensão reduzida

Dessa forma, o esforço sobre o poste A será de **304 daN**.

O poste de resistência nominal imediatamente superior a 304 daN é o de 600 daN.

Portanto, o poste A deverá ser de 11m x 600 daN.

Assim, o esforço sobre o poste C fica:

$$E_{pc} = 1244 - 304 = \mathbf{940 \text{ daN}}$$

Sendo o poste C de 600 daN, o esforço a ser absorvido pelo tirante e transportado ao poste B será de:

$$E'_{pc} = 940 - 600 = \mathbf{340 \text{ daN}}$$

Se o tirante é colocado no poste C a **50 cm** do topo, a altura do ponto de aplicação do esforço fica sendo:

$$h = 9,30 - 0,50 = \mathbf{8,80 \text{ m}}$$

Transportando o esforço de 340 daN, que está a 20 cm do topo (9,10 m) para esse ponto, teremos:

$$EPB = \frac{340 \times 9,10}{8,80} = \mathbf{352 \text{ daN}}$$

Portanto, o poste B será de 11m x 600 daN.

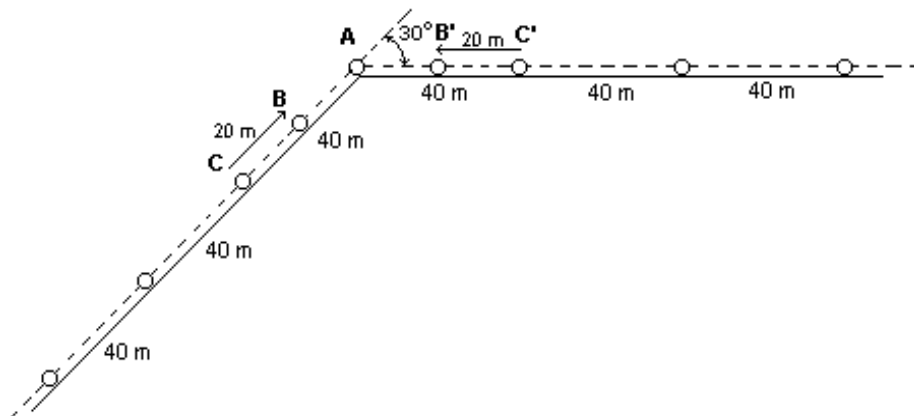
.....

APENDICE III

EXEMPLO DE CÁLCULO DE REDUÇÃO DE TENSÕES PARA ÂNGULO.

Nesse caso, para se aplicar a tensão reduzida, devemos intercalar um poste em cada um dos vãos adjacentes ao ângulo, de forma a reduzirmos a tensão aplicada no poste situado no ângulo.

Dada a configuração abaixo:



onde:

Rede de AT = 3 # 4/0 CA

Rede de BT = 3 # 2 (4) CA

Poste mais pesado disponível é de 11m x 600 daN

Ângulo = 40°

Para redução de cálculos foram considerados vãos iguais a 40 metros.

Intercalando os postes B e B', mantendo constantes as flechas, a tensão no poste A será reduzida.

Como no exemplo do APÊNDICE II, as estruturas (AT e BT) dos postes C e C' deverão ser de ancoragem.

As resistências nominais dos postes B e C serão iguais, respectivamente, a B' e C'.

Cálculo da Tensão Básica:

Condutores Primários (At) \Rightarrow 3 # 4/0 CA

Tensão de Projeto dos Cabos = 284 x 3 = 852 daN

Condutores Secundários (BT) \Rightarrow 3 # 1/0 (2) CA

3 # 1/0 \Rightarrow 3 x 142 = 426 daN

1 # 2 \Rightarrow 1 x 89 = 89 daN

Transportando o esforço de cada condutor para 20 cm do topo:

$$T_{\text{sec.}} = \frac{89 \times 7,2 + 142 \times (7,0 + 6,8 + 6,6)}{9,1}$$

$$T_{\text{sec}} = \mathbf{389 \text{ daN}}$$

O esforço total dos condutores será:

$$T_c = 852 + 389 = \mathbf{1241 \text{ daN}}$$

No ângulo de 40°, o esforço dos condutores será:

$$T = 2 \times 1241 \times \sin 40/2 = \mathbf{849 \text{ daN}}$$

Como este valor é maior que a resistência do maior poste existente, teremos de usar tensão reduzida.

Ação do vento a 20 cm do topo:

Sobre os condutores do primário: 32 daN (Tabela 20 - ANEXO IV)

Sobre os condutores do secundário: 22 daN (Tabela 19 - ANEXO IV)

Sobre o poste 11m x 600 daN: 25 daN (Tabela 17 - ANEXO IV)

$$\text{TOTAL: } P_v = \mathbf{79 \text{ daN}}$$

A tração básica (T_b) sobre o poste será:

$$T_b^2 = 1241^2 + 79^2 \quad \Rightarrow \quad T_b = \mathbf{1244 \text{ daN}}$$

A tensão reduzida (T_r) a ser aplicada no poste é dada pela expressão:

$$T_r = \left(\frac{V_r}{V_b} \right)^2 \times T_b$$

$$T_r = \left(\frac{20}{40} \right)^2 \times 1244 \quad \Rightarrow \quad T_r = \mathbf{311 \text{ daN}}$$

Este será o esforço devido a cada um dos lados da rede sobre o poste A.

A resultante à esquerda do poste C, será:

$$E_{PC} = 1244 - 311 = \mathbf{933 \text{ daN}}$$

Os postes C e C' serão, então de 11m x 600 daN (máxima resistência).

O esforço a ser transferido ao poste B pelo estai será:

$$E'_{PC} = 933 - 600 = \mathbf{333 \text{ daN}}$$

Transferindo o ponto de aplicação do estai no poste C (50 cm do topo):

$$h = 9,30 - 0,50 = \mathbf{8,80 \text{ m}}$$

$$EPB = 333 \times \frac{9,30}{8,80} = \mathbf{352 \text{ daN}}$$

O estai é aplicado no poste escora (B) acima do neutro, a 7,30 m do solo. Transferindo este esforço para 20 cm do topo fica:

$$E'PB = 333 \times \frac{7,30}{9,10} = \mathbf{267 \text{ daN}}$$

Os postes B e B' sendo de 11m x 600 daN:

Cálculo do poste A

O esforço devido aos condutores (tensão reduzida) será igual a 311 daN.

A resultante devido aos condutores para o ângulo de 40°, será:

$$R_c = 2 \times 311 \times \text{sen} \frac{40}{2} = \mathbf{213 \text{ daN}}$$

O esforço devido ao vento sobre os condutores para o vão de 20 m será:

$$\text{Primários} = 16 \text{ daN} \quad (50\% - \text{Tabela 20} - \text{ANEXO IV})$$

$$\text{Secundários} = 11 \text{ daN} \quad (50\% - \text{Tabela 19} - \text{ANEXO IV})$$

$$\text{TOTAL} = \mathbf{27 \text{ daN}}$$

Como ainda não sabemos qual poste será utilizado, supomos que o poste de 11 m x 300 daN será suficiente, uma vez que o esforço devido aos condutores é de 213 daN

Assim, a ação do vento sobre o poste, de acordo com a Tabela 17 do ANEXO IV, será de 22 daN a 20 cm do topo.

Logo, o esforço a 20 cm do topo será:

$$EA = 213 + 27 \times \cos \frac{40}{2} + 22 \quad \Rightarrow \quad EA = \mathbf{259 \text{ daN}}$$

Portanto, o poste de resistência nominal igual a 300 daN será suficiente.



BIBLIOGRAFIA

- Relatório CODI - CEB - 3.1.21.07.0 (SCEI - 09.04) - Tabelas de Trações e de Flechas para Cabos Condutores
- Relatório CODI – CEB 3.1.21.01.0 (SCEI - 09.02) - Padronização de Estruturas para Redes Aéreas de Distribuição Urbanas.
- Relatório CODI –CEB 3.1.21.06.0 (SCEI - 09.08) - Metodologia de Dimensionamento de Estruturas para Redes Aéreas de Distribuição Urbanas.
- Relatório CODI – CEB 3.2.21.02.0 (SCEI - 08.01) - Critérios para Projetos de Redes Aéreas de Distribuição Urbanas.
- Tabelas de Cabos de Alumínio - PIRELLI CABOS.
- CESP (N - 6) - Projeto de Redes Aéreas de Distribuição de Energia Elétrica.
- CESP (ND - 01/01) - Materiais e Equipamentos para Redes Aéreas de Distribuição de Energia Elétrica.
- CEMIG - Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas.
- CEEE (NTD - 001) - Elaboração de Projetos de Redes Aéreas de Distribuição Urbanas.
- CELESC (N.22/120/009) - Critérios para Projeto de Redes Aéreas de Distribuição Urbanas.
- CEB - Rede de Distribuição Aérea - Critérios para Projeto.
- CEB (NTD - 3.01) - Padronização de Materiais e Equipamentos de Redes Aéreas.
- Dicionário Brasileiro de Eletricidade - COBEI
- NBR 5434/82 - Redes de Distribuição Aérea Urbana de Energia Elétrica.
- NBR 5433/82 - Redes de Distribuição Aérea Rural de Energia Elétrica.
- NBR 5410/90 (NB-3) - Instalações Elétricas de Baixa Tensão.
- NBR 8452/85 - Postes de Concreto Armado para Redes de Distribuição de Energia Elétrica - Dimensões.
- NBR 5440/99 – Transformadores para redes aéreas de distribuição – Padronização.