



Companhia Energética de Minas Gerais

Manual de Distribuição

Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas

Belo Horizonte – Minas Gerais – Brasil



Companhia Energética de Minas Gerais

Vice-Presidência de Distribuição

Manual de Distribuição

Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas

Preparado	Recomendado	Aprovado	ND-3.1
<div>DocuSigned by:</div> <div>Fernando Camarano</div> <div>6F1EB5328B954E0...</div>	<div>DocuSigned by:</div> <div>Wagner A. Araújo Veloso</div> <div>EF3E87E489AF416...</div>	<div>Assinado por:</div> <div>ALISSON GUEDES CHAGAS</div> <div>4BBDDA1AAA6D4C1...</div>	
PE/ES	PE/ES	PE	Jul/2025

Assinado por:

PABLO OLIVEIRA

7620981F39C6456...

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	9
DEFINIÇÕES.....	10
ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS.....	13
1 OBTENÇÃO DOS DADOS PRELIMINARES.....	13
2 LEVANTAMENTO DA CARGA E DETERMINAÇÃO DE DEMANDAS	14
3 LOCAÇÃO DE POSTES	14
4 DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO	14
5 DIMENSIONAMENTO MECÂNICO.....	14
6 RELAÇÃO DE MATERIAL E ORÇAMENTO	15
7 APRESENTAÇÃO DO PROJETO.....	15
8 SEGURANÇA	15
TIPOS DE PROJETO	16
1 EXPANSÃO	16
2 REFORMA	16
3 REFORÇO	16
4 DESATIVAÇÃO.....	17
TIPOS DE REDE E CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO.....	18
1 TIPOS DE REDE	18
2 CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO	19
LOCAÇÃO DE POSTES.....	21
1 LOCAÇÃO DE POSTES	21
2 DISPOSIÇÃO.....	25
3 VÃO	27
4 OUTROS CUIDADOS A SEREM OBSERVADOS DURANTE A LOCAÇÃO	27
5 MARCAÇÃO	28
6 CONDOMÍNIOS	28
DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO.....	33
1 REDE SECUNDÁRIA.....	33
2 REDE PRIMÁRIA.....	40

3	CÁLCULO DE TENSÃO.....	52
4	ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	55
5	TELECOMUNICAÇÕES.....	55
6	REDES EM CONDOMÍNIO	55
7	ATERRAMENTO.....	57
8	CONEXÃO	57
	DIMENSIONAMENTO MECÂNICO	58
1	POSTEAÇÃO.....	58
2	ESTRUTURAS.....	70
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
	LEVANTAMENTO DA CARGA E DETERMINAÇÃO DE DEMANDAS e poTÊNCIA INJETADA	79
1	GERAL.....	79
2	LIGAÇÃO DE NOVOS CONSUMIDORES À REDE EXISTENTE.....	79
3	REDES NOVAS	80
	RELAÇÃO DE MATERIAIS E DE SERVIÇOS PARA O ORÇAMENTO	82
1	GERAL.....	82
2	CUSTOS DE MATERIAIS	82
3	CUSTOS DE SERVIÇOS.....	84
4	PROJETO E ORÇAMENTO EM ESTRUTURA COM USO DE REDE DE TELECOMUNICAÇÃO	87
	APRESENTAÇÃO DO PROJETO	88
1	GERAL.....	88
2	DESENHO DO PROJETO	88
	Anexo A – Dimensionamento de Poste e engastamento.....	94
	Anexo B - Tabelas de Remuneração	99
	Anexo C- Detalhes Construtivos	107

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Faixas de Tensão Admissíveis em Redes de Distribuição.....	33
Tabela 2: Características dos Cabos Multiplex de Baixa Tensão	34
Tabela 3: Características dos Condutores CA e Cobre	35
Tabela 4: Condutor Mínimo para Tronco da Rede Secundária	35
Tabela 5: Faixas de Tensão Admissíveis em Redes de Distribuição.....	41
Tabela 6: Características Físicas e Elétricas dos Cabos de Rede Isolada	44
Tabela 7: Características Físicas e Elétricas dos Cabos de Rede Compacta	45
Tabela 8: Escolha de Elos Fusíveis para Transformador	50
Tabela 9: Proteção de Bancos Capacitores	50
Tabela 10: Sistema Trifásico – 220/127 – Valores em % para kVAx100m Coeficientes de Queda de Tensão para Cabos de Rede Secundária.....	53
Tabela 11: Sistema monofásico – 240/120 – Valores em % para kVAx100m Coeficientes de Queda de Tensão para Cabos de Rede Secundária.....	53
Tabela 12: Sistema Trifásico/Monofásico – 13,8/7,96kV – Valores em % MVAxkm Coeficientes de Queda de Tensão para Cabos de Rede Primária	54
Tabela 13: Sistema Trifásico/Monofásico – 22,0/12,7kV – Valores em % MVAxkm Coeficientes de Queda de Tensão para Cabos de Rede Primária	55
Tabela 14: Sistema Trifásico/Monofásico – 34,5/19,9kV – Valores em % MVAxkm Coeficientes de Queda de Tensão para Cabos de Rede Primária	55
Tabela 15: Postes e Contraposte Padronizados e Existentes	58
Tabela 16: Trações de Projeto da Rede Convencional – Primária e Secundária	61
Tabela 17: Trações de Projeto da Rede Compacta Trifásica – 15kV e 24,2kV	61
Tabela 18: Trações de Projeto da Rede Compacta Trifásica – 36,2kV	62
Tabela 19: Trações de Projeto da Rede Compacta Monofásica – 15kV.....	62
Tabela 20: Trações de Projeto da Rede Primária Isolada	63
Tabela 21: Trações de Projeto da Rede Secundária Isolada	64
Tabela 22: Equivalência de Esforços a 20cm do Topo do Poste – Fator de Multiplicação	64
Tabela 23: Carga de Utilização de Poste DT	65
Tabela 24: Engastamento	68
Tabela 25: Escolha de Estruturas em Função dos Afastamentos Mínimos	71
Tabela 26: Escolha de Estruturas em Função dos Afastamentos Horizontais Mínimos – Rede Isolada de Baixa Tensão	72

Tabela 27: Escolha de Estruturas em Função dos Afastamentos Horizontais Mínimos – Rede Aérea Isolada 15kV	73
Tabela 28: Escolha de Estruturas em Função dos Afastamentos Horizontais Mínimos – Rede Aérea Compacta 15kV	74
Tabela 29: Escolha de Estruturas – Rede Convencional - Ângulos de Deflexão Horizontal – Primário	75
Tabela 30: Escolha de Estruturas – Rede Convencional - Ângulos de Deflexão Horizontal – Secundário.....	75
Tabela 31: Escolha de Estruturas – Rede Convencional - Ângulos de Deflexão Vertical – Primário	75
Tabela 32: Escolha de Estruturas de Rede Compacta – Ângulos de Deflexão Verticais Admissíveis em Estruturas com Braço C: CE2 e CE4.....	76
Tabela 33: Escolha de Estruturas de Rede Compacta – Ângulos de Deflexão Verticais Admissíveis em Estruturas com Braço L: CE1, CE1S, CM1, CM1S.....	76
Tabela 34: Escolha de Estruturas de Rede Compacta com Braço J - Ângulos admissíveis (α em graus) para estruturas com esforços de compressão - CEJ1, CEJ2, CMJ1, CMJ2	77
Tabela 35: Escolha de Estruturas de Rede Compacta - Ângulo de Deflexão Horizontal (α) em Graus	77
Tabela 36: Escolha de Estruturas - Rede Isolada de Média Tensão 15kV - Ângulos (α em graus) Admissíveis para Esforços Verticais – Estrutura com Braço J: IJ1	78
Tabela 37: Escolha de Estruturas - Rede Isolada de Média Tensão 15kV - Ângulo de Deflexão Horizontal (α) em Graus – Estrutura I1.....	78
Tabela 38: Escolha de Estruturas - Rede Isolada de Baixa Tensão - Ângulo de Deflexão Horizontal (α) em Graus – Estrutura S1	78
Tabela 39: Demanda Diversificada Residencial (kVA)	79
Tabela 40: Demanda por lote.....	80
Tabela 41: Classificação de serviços no Atlantis e no PROORC	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Posicionamento da Rede em Áreas Novas	21
Figura 2: Disposição de Postes.....	22
Figura 3: Primário – Conexão no Vão	23
Figura 4: Cruzamento Aéreo – Rede Convencional	24
Figura 5: Cruzamento Aéreo – Rede Compacta	25
Figura 6: Disposição de Postes.....	26
Figura 7: Alocação de Postes ao Lado de Vagas de Estacionamento	29
Figura 8: Alocação de Postes ao Lado de Vagas de Estacionamento	29
Figura 9: Alocação de Postes Alinhados com as Vagas.....	30
Figura 10: Dimensionamento da ilha para instalação de transformador ao lado de vagas	30
Figura 11: Alocação de postes em calçada.....	31
Figura 12: Alocação de Postes em Canteiro Central.....	31
Figura 13: Tipos Básicos de Circuitos Secundários	34
Figura 14: Configuração Radial Simples.....	41
Figura 15: Configuração Radial com Recurso.....	42
Figura 16: Afastamento vertical mínimo entre circuitos e muros ou cercas de condomínios	56
Figura 17: Composição Vetorial dos Esforços.....	60
Figura 18: Fórmula para Cálculo de Engastamento com Profundidade Aumentada....	70

INTRODUÇÃO

Esta norma tem por objetivo fixar os critérios básicos para projetos de redes de distribuição aéreas urbanas, de modo a garantir as mínimas condições técnicas, econômicas e de segurança necessárias a um adequado fornecimento de energia elétrica.

São apresentados os critérios básicos para dimensionamento, proteção, seccionamento de redes primárias e secundárias, instalação e dimensionamento de postes e estruturas, além da metodologia de elaboração e apresentação de projeto.

Aplica-se a redes de distribuição aéreas situadas dentro do perímetro urbano de cidades, vilas e povoados, abrangendo as redes convencionais, compactas e isoladas, incluindo projetos de expansão, reforma e reforço, manutenção e desativação.

Esta norma é revisão da editada em Julho/2024.

DEFINIÇÕES

Para efeito desta norma são utilizadas as seguintes definições:

1. Área urbana: parcela do território, contínua ou não, incluída no perímetro urbano pelo Plano Diretor ou por lei municipal específica;
2. Consumidor: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, legalmente representada, que solicite o fornecimento, a contratação de energia ou o uso do sistema elétrico à distribuidora, assumindo as obrigações decorrentes deste atendimento à(s) sua(s) unidade(s) consumidora(s), segundo disposto nas normas e nos contratos, sendo:
 - a. consumidor especial: agente da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, da categoria de comercialização, que adquire energia elétrica proveniente de empreendimentos de geração enquadrados no § 5º do art. 26 da Lei no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, para unidade consumidora ou unidades consumidoras reunidas por comunhão de interesses de fato ou de direito cuja carga seja maior ou igual a 500 kW e que não satisfaçam, individualmente, os requisitos dispostos nos arts. 15 e 16 da Lei no 9.074, de 7 de julho de 1995;
 - b. consumidor livre: agente da CCEE, da categoria de comercialização, que adquire energia elétrica no ambiente de contratação livre para unidades consumidoras que satisfaçam, individualmente, os requisitos dispostos nos arts. 15 e 16 da Lei no 9.074, de 1995; e
 - c. consumidor potencialmente livre: aquele cujas unidades consumidoras satisfazem, individualmente, os requisitos dispostos nos arts. 15 e 16 da Lei no 9.074, de 1995, porém não adquirem energia elétrica no ambiente de contratação livre.
3. Sistema de Distribuição: conjunto de instalações e equipamentos elétricos existentes na área de atuação de uma distribuidora.
4. Redes e linhas de distribuição: conjunto de estruturas, utilidades, condutores e equipamentos elétricos, aéreos ou subterrâneos, utilizados para a distribuição da energia elétrica, operando em baixa, média e/ou alta tensão de distribuição.

Geralmente, as linhas são circuitos radiais e as redes são circuitos malhados ou interligados.

5. Redes de Distribuição Secundárias (BT): parte do sistema elétrico de distribuição que deriva dos transformadores ligados às redes primárias (MT) e se destina ao suprimento dos consumidores atendidos em tensão secundária e da iluminação pública.
6. Subestação de distribuição (SED): subestação que conecta o Sistema de Distribuição de Alta Tensão – SDAT ao Sistema de Distribuição de Média Tensão – SDMT, contendo transformadores de força.
7. Sistema de distribuição de baixa tensão (SDBT): conjunto de redes de distribuição e de equipamentos associados em tensões nominais inferiores ou iguais a 1 kV.
8. Sistema de distribuição de média tensão (SDMT): conjunto de linhas de distribuição e de equipamentos associados em tensões típicas superiores a 1 kV e inferiores a 69 kV, na maioria das vezes com função primordial de atendimento a unidades consumidoras, podendo conter geração distribuída.
9. Alimentador Primário: parte de uma rede de distribuição primária que alimenta, diretamente ou por intermédio de seus ramais, os primários dos transformadores de distribuição do concessionário e/ou consumidores. Constitui-se de tronco e ramais.
10. Tronco de Alimentador Primário: parte principal de um alimentador primário, que deriva diretamente da subestação até o primeiro equipamento de proteção, se caracteriza por maior seção de condutores, atende maior parcela ou ao total da carga do alimentador, além de interligações com troncos de alimentadores vizinhos, conforme a configuração da rede.
11. Ramal de Alimentador Primário: parte de um alimentador primário que deriva do tronco, e na maioria das vezes, caracteriza-se por condutores de seções inferiores. Atende a parcelas de carga, conforme a sua distribuição em relação ao tronco.
12. Derivação de Distribuição: ligação feita em qualquer ponto de uma rede de distribuição para ramal de alimentador, transformador de distribuição ou ponto de entrega.
13. Alimentador Expresso: alimentador de distribuição sem derivações ao longo de seu percurso.
14. Alimentador Exclusivo: alimentador de distribuição que atende somente a um ponto de entrega.

15. Circuito Secundário: circuito alimentado por um transformador de distribuição, de onde derivam os ramais de ligação para os consumidores de BT e para o suprimento da iluminação pública. Constitui-se de tronco e ramais.
16. Tronco de Circuito Secundário: parte principal de um circuito secundário, que deriva diretamente barramento do transformador e se caracteriza, na maioria das vezes, por maior bitola de condutores. Atende a uma parcela ponderável da carga do circuito.
17. Ramal de Circuito Secundário: parte de um circuito secundário, que deriva do tronco e se caracteriza por bitolas inferiores para atendimento a parcelas de carga, conforme a sua distribuição em relação ao tronco.
18. Pontos forçados: são pontos obrigatórios em um projeto e devem ser os primeiros a serem definidos (p.ex. esquinas e futuras derivações)
19. Ponto de alimentação: ponto no qual um sistema elétrico recebe energia.
20. Carga Instalada: soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora e em condições de entrar em funcionamento, geralmente expressa em quilowatts (kW).
21. Geração Distribuída:
Considera-se geração distribuída a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Microgeração distribuída com potência instalada menor ou igual a 75kW e que utilize cogeração qualificada. Minigeração distribuída com potência superior a 75kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada.
22. Ramal de Conexão
Conjunto de condutores e acessórios instalados pela distribuidora entre o ponto de derivação de sua rede e o ponto de conexão;

ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS

O roteiro a ser seguido para a elaboração de um projeto é apresentado neste capítulo.

Deve ser utilizado o sistema de projeto vigente na Cemig Distribuição. Na publicação desta norma, o sistema é o Electric Office.

1 OBTENÇÃO DOS DADOS PRELIMINARES

Consiste na obtenção dos dados necessários à elaboração do projeto tais como:

a. Objetivo do projeto a ser elaborado

Consiste em determinar o tipo de projeto a ser elaborado e sua finalidade, se ele é para expansão, reforma, reforço e modificações, manutenção e desativação de rede.

Devem ser determinadas as principais necessidades do projeto, ou seja, se ele é relativo à correção dos níveis de tensão, melhoria de confiabilidade, melhoria da iluminação pública, atendimento a uma nova área, GD etc.

b. Obtenção da planta da área, com arruamento etc.

Devem ser verificadas no sistema de georreferenciamento as características do circuito, arruamento, edificações (edifícios públicos, igrejas, estádios etc.), áreas ambientais, travessias (redes de distribuição e linhas de distribuição/transmissão) e interferências etc., da área a ser atendida.

Se necessário, deve ser realizado um levantamento de campo complementar.

No caso de atendimento a novas áreas, por exemplo, um novo loteamento, deve ser obtida uma planta georreferenciada, em escala adequada (preferencialmente 1:1000), junto ao responsável pelo empreendimento, para lançamento dos dados do sistema de georreferenciamento.

c. Estudo básico da área

Para novas áreas, deve ser feito um estudo básico considerando as condições do local, o grau e tipo de urbanização, tipo de arborização, dimensões dos lotes e características da área a ser atendida.

Para isso, deve ser verificada no sistema de georreferenciamento a existência de uma área de características semelhantes àquela que está sendo projetada, de forma a otimizar o investimento a ser realizado.

O projeto deve abranger uma expansão futura do atendimento identificado pelo planejamento, de forma compatível com as características de urbanização da região.

A realização de projeto para atendimento a ligações novas deve ser precedida de uma análise técnica pela área de planejamento regional para verificação das condições técnicas da rede, caso a carga seja superior ao limite previamente estabelecido pelo planejamento.

d. Planos e projetos previamente existentes para área

Devem ser levantados prováveis projetos anteriormente elaborados para a área abrangida, ainda não construídos ou em construção, e que possam ser considerados no projeto em elaboração.

Os projetos elaborados com a utilização do Electric Office devem ser armazenados na área específica destinada para isso.

2 LEVANTAMENTO DA CARGA E DETERMINAÇÃO DE DEMANDAS

Consiste no levantamento da carga a ser atendida e na determinação da demanda total. A determinação da demanda deve ser feita utilizando os critérios estabelecidos no Capítulo *Levantamento da Carga e Determinação de Demandas e Potência Injetada*, desta norma.

3 LOCAÇÃO DE POSTES

Consiste na locação física dos postes, observando-se os requisitos de espaçamento, de segurança, de iluminação pública desejável etc.

Devem ser observados os requisitos do Capítulo *Locação de Postes* desta norma.

4 DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

Refere-se à definição da configuração do circuito, carregamento e seção transversal dos condutores da rede primária e secundária, localização e dimensionamento de transformadores e proteção contra sobretensão.

Devem ser observados os requisitos do Capítulo 7 – *Dimensionamento Elétrico*, desta norma.

5 DIMENSIONAMENTO MECÂNICO

Refere-se ao dimensionamento de postes e tipos de estruturas.

Devem ser observados os requisitos do Capítulo 8 – Dimensionamento Mecânico, desta norma.

6 RELAÇÃO DE MATERIAL E ORÇAMENTO

Consiste em relacionar os materiais e os serviços necessários à construção da rede e elaboração do orçamento correspondente.

Devem ser observados os requisitos do Capítulo 10 – Relação de Materiais e de Serviços para o Orçamento.

7 APRESENTAÇÃO DO PROJETO

Consiste no conjunto de desenhos, cálculos, formulários etc., que compõem o projeto e informações necessárias para atendimentos às exigências legais em vigor, incluindo critérios e procedimentos para elaboração de projetos de travessias e sinalização de rede, conforme normas específicas.

Devem ser observados os requisitos do Capítulo 11 – Apresentação do Projeto, desta norma.

8 SEGURANÇA

Os projetos devem atender aos requisitos mínimos estabelecidos nas normas regulamentadoras NR-10, NR-33 e NR-35, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos, direta ou indiretamente na execução, conforme abaixo:

- a. Implementar medidas de controle e sistemas preventivos.
- b. Identificar os espaços confinados e reconhecer, avaliar, monitorar e controlar os riscos existentes.
- c. Implementar medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução.

TIPOS DE PROJETO

Os projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas devem ser dos seguintes tipos:

1 EXPANSÃO

São projetos para atendimento a novos consumidores urbanos em obras de:

- Extensão de redes: envolve o prolongamento da rede existente;
- Modificação: não envolve extensão, mas exige mudança de rede.

2 REFORMA

São considerados projetos de reforma os que envolvem obras relacionadas a:

- Aspectos de segurança (ex.: afastamento de redes)
- Melhoria dos indicadores de desempenho de continuidade do serviço de distribuição de energia elétrica:
 - ✓ Flexibilidade operativa (ex.: interligação de alimentadores e by-pass de localidades);
 - ✓ Redução de interrupções (ex.: substituição de rede nua para rede compacta em local com algum tipo de interferência na rede como, por exemplo, arborização);
- Substituição de condutores (ex.: substituição de cabo/fio de cobre);
- Recuperação física da rede (ex.: substituição de cabo recozido);
- Reforma de equipamentos visando manter a regularidade, continuidade, segurança e atualidade do serviço de distribuição de energia elétrica;

3 REFORÇO

São considerados de reforço, os projetos ligados a obras de:

- Alterações vinculadas à alta tensão ou subestações (ex.: aumento do número de alimentadores);
- Regularização de níveis de tensão ou do carregamento (ex.: aumento de seção dos condutores etc.);
- Regularização do desequilíbrio (ex.: conversão de rede monofásica em trifásica);
- Troca de transformador de distribuição em sobrecarga, por outro de maior capacidade;

- Atendimento a mercado, em casos de instalação ou aumento de carga solicitada pelos clientes e que, por consequência, provoquem o aumento de seção de condutores ou conversão de monofásico para trifásico na média tensão existente.

4 DESATIVAÇÃO

São considerados obras de desativação, as obras com a finalidade de retirada total de ativos de rede para viabilizar alterações ou encerramento do atendimento.

TIPOS DE REDE E CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO

1 TIPOS DE REDE

São os seguintes os tipos de redes em uso na CEMIG:

1.1 Redes Primárias

1.1.1 Redes de Distribuição Compacta

Esta modalidade de rede utiliza um cabo mensageiro de aço 9,5mm para sustentação do(s) cabo(s) fase(s) coberto(s) por meio de espaçadores poliméricos, instalados em intervalos regulares determinados nas normas de instalação básica. Os cabos cobertos podem ser cobertura simples ou dupla camada.

Os padrões de instalação básica referente a esse tipo de rede estão estabelecidos nas ND - 2.9 e ND - 2.10.

1.1.2 Redes de Distribuição Isoladas de Média Tensão:

Esta modalidade de rede utiliza três condutores isolados, blindados e espinados em torno de um cabo mensageiro de aço 9,5mm de sustentação.

Os padrões de instalação básica referente a esse tipo de rede estão estabelecidos na ND – 2.7.

1.1.3 Redes de Distribuição Aéreas Convencionais:

Caracterizam-se por utilizar cabos de alumínio nus sobre cruzetas de madeira, fibra, plástico e metálicos e isoladores de porcelana ou vidro. Os padrões de instalações básicas desse tipo de rede estão estabelecidos nas ND - 2.1 e ND - 2.4.

Esta modalidade de rede não deve ser construída em área urbana, permitindo o uso de cabos nus apenas para reparo.

1.2 Redes Secundárias:

1.2.1 Redes Convencionais de Baixa Tensão:

Rede secundária com cabos de alumínio nus em disposição vertical, equipamentos, ramal de conexão e medição. Os padrões de instalações básicas referentes a esse tipo de rede estão estabelecidos nas ND's 2.1 e 2.4.

1.2.2 Redes Isoladas de Baixa Tensão:

Rede secundária com cabos isolados multiplexados, equipamentos, ramal de conexão e medição. Os padrões de instalações básicas referentes a esse tipo de rede estão estabelecidos nas ND 2.7.

1.2.3 Rede SMC (Sistema de Medição Centralizada)

Rede secundária que deve ser aplicada nos projetos de rede em áreas sujeitas a perdas não técnicas. Essa rede agrega módulos eletrônicos destinados à medição individualizada de energia elétrica, desempenhando as funções de concentração, processamento e indicação das informações de consumo.

Os padrões de instalações básicas referentes a esse tipo de rede estão estabelecidos no documento AD/ES-2006.

2 CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO

2.1 Redes Primárias:

2.1.1 Projetos de Expansão:

O padrão mínimo de atendimento urbano, estabelecido pela Distribuição, é o de redes de distribuição compacta, trifásicas.

Está prevista também a utilização da rede de distribuição isolada. Sua aplicação é obrigatória em trechos densamente arborizados, com galhos em contato permanente com os condutores, ou em alimentadores onde o nível de confiabilidade exigido seja elevado. Além dos casos anteriores, as redes isoladas podem ser aplicadas nas seguintes situações:

- Saída de subestações;
- Locais com redes próximas a edificações;
- Áreas de preservação ambiental;
- Áreas altamente poluídas, onde possa haver o comprometimento dos outros tipos de cabos e acessórios;
- Estruturas congestionadas;
- Projetos de travessia (pontes, viadutos etc.).

2.1.2 Projeto de reforma e reforço:

Preferencialmente projetar com rede compacta. Em locais com arborização intensa, com exigência de confiabilidade elevada, problemas com afastamentos de redes e congestionamentos de estruturas, o projetista deve analisar a alternativa de utilizar rede isolada no trecho em questão.

2.2 Redes Secundárias:

2.2.1 Projetos de extensão, de reforma e reforço:

O padrão mínimo de atendimento urbano, estabelecido pela Distribuição, é o de redes isoladas de baixa tensão. Em conversão de rede primária monofásica para trifásica, ou conversão de rede primária nua para rede compacta/isolada, ou reforma da rede secundária, se a rede secundária existente for com cabos nus, a substituição por rede isolada é obrigatória.

LOCAÇÃO DE POSTES

1 LOCAÇÃO DE POSTES

O projetista deve estar atento ao melhor traçado da rede, sob o aspecto técnico-econômico, de modo que seja possível o atendimento a novas cargas com o mínimo de alteração.

A locação dos postes ao longo das ruas e avenidas deve ser iniciada pelos pontos forçados (ex.: futuras derivações, esquinas etc.).

A locação deve ser escolhida levando-se em conta os seguintes aspectos:

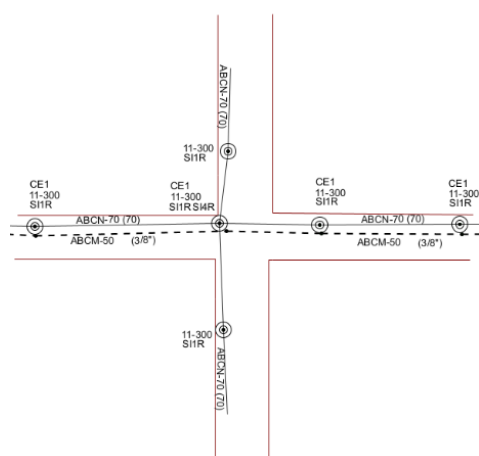
- Evitar desmate de árvores e demais formas de vegetação, em áreas de preservação permanente, conforme instruções contidas no Manual de Procedimentos – IS-19 – Autorização para Interferência de Qualquer Natureza na Vegetação Natural ou Implantada;
- Procurar locar, sempre que possível, na divisa ou no meio dos lotes e procurar manter os vãos da quadra equidistantes.
- Quando o eixo da rua estiver no sentido Norte-Sul, locar a rede no lado Oeste. Ver Figura 1;



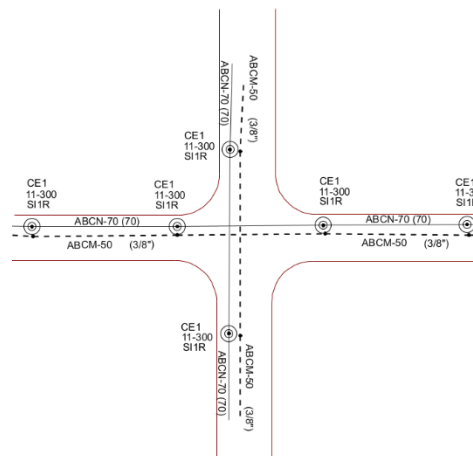
Figura 1: Posicionamento da Rede em Áreas Novas

- Quando o eixo da rua estive no sentido Leste-Oeste, locar a rede no lado Norte. Ver Figura 1;
- Procurar locar prevendo futuras extensões da rede, para evitar remoções desnecessárias, mantendo os postes do mesmo lado da rua;

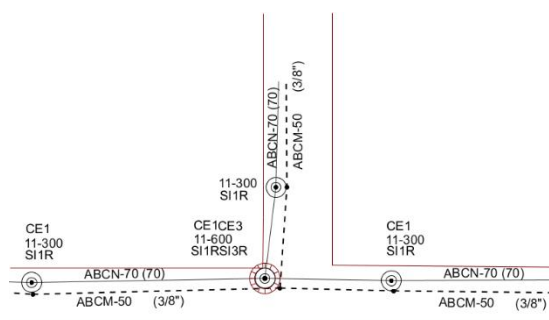
- f. Evitar locação de postes em frente a portas, janelas, sacadas, marquises, anúncios luminosos etc. Não locar em frente a garagens.
- g. Evitar locação de postes próximos a árvores de grande porte.
- h. Evitar que a posteação passe do mesmo lado de praças, jardins, escolas, igrejas e templos, que ocupem grande parte da quadra.
- i. Verificar a existência de arrancamento ou compressão em função do perfil da via para definição do tipo de estrutura;
- j. Evitar possíveis interferências com tubulações subterrâneas de água, esgoto, gás, rede de telecomunicações, galerias de águas pluviais etc.;
- k. Quando não for possível a instalação de um único poste na esquina ou o local for sujeito a abalroamento, utilizar “rodo” ou “cruzamento aéreo”. Ver Figura 2.



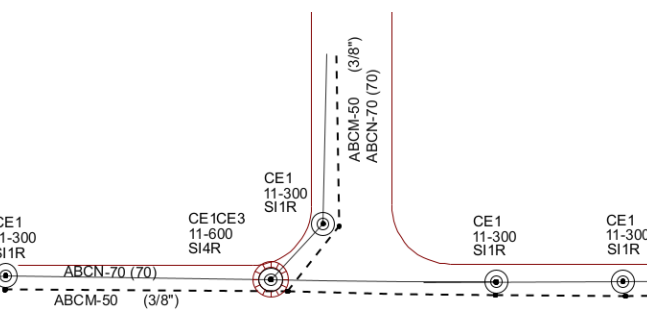
Cruzamento de Rua
PASSEIO RETO OU LEVEMENTE ARREDONDADO*



Cruzamento de Rua
PASSEIO REDONDO



Cruzamento de Rua
PASSEIO RETO OU LEVEMENTE ARREDONDADO*



Cruzamento de Rua
PASSEIO REDONDO

* Os cabos não devem ficar sobre o muro, devendo obedecer às distâncias de segurança na divisa do terreno com a via pública.

Figura 2: Disposição de Postes

I. Cruzamentos Aéreos

Quando houver cruzamento de circuitos diferentes (sem conexão) ou de concessionárias diferentes, as estruturas adjacentes ao cruzamento devem ser com estruturas de ancoragem.

Existindo desnível acentuado no terreno em cruzamento de ruas/avenidas, os postes devem ser locados nas esquinas. Não sendo possível, a distância máxima entre o eixo do poste e o ponto de cruzamento da rede não deve ser superior a 15m. Deve ser avaliado, pelo projetista, o nivelamento do ponto de conexão. O ponto de cruzamento deve estar equidistante em relação aos postes. Ver Figura 3.

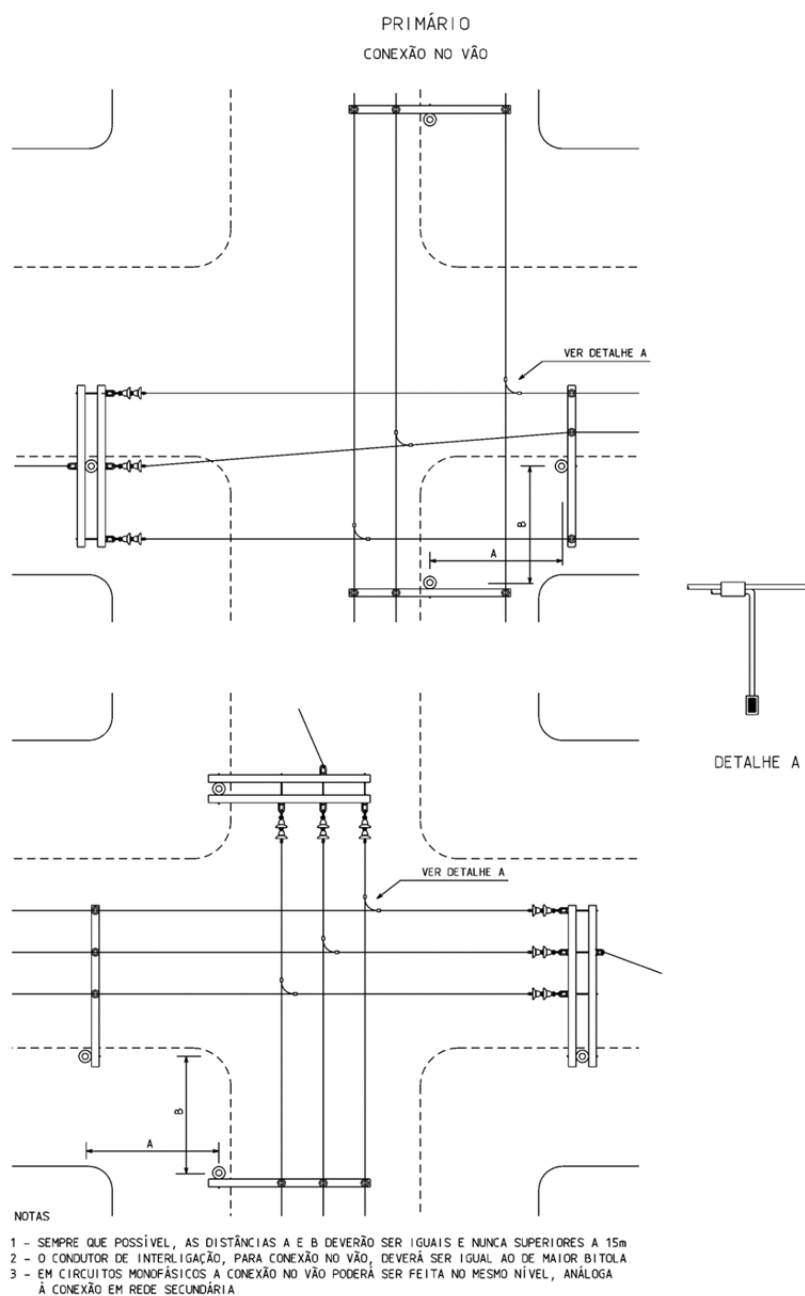


Figura 3: Primário – Conexão no Vão

As estruturas de cruzamento com conexão devem ser travadas, ou seja, na rede compacta não utilizar estruturas índice CE1S.

i. Cruzamento de redes aéreas convencionais de média tensão com conexão:

Os postes de um mesmo alinhamento devem ter a mesma altura. No entanto, a distância vertical entre as redes no ponto de cruzamento deve estar entre 0,90m e 1,20m, para 15kV, 24,2kV ou 36,2kV. Postes de alinhamentos diferentes devem ter alturas diferentes. Os condutores do cruzamento (circuito superior e circuito inferior) devem ter mesma seção até o ponto do equipamento de proteção (chave fusível, religador etc.) ou final de circuito. Os *jumpers* devem ser da mesma seção dos condutores. Ver Figura 4.

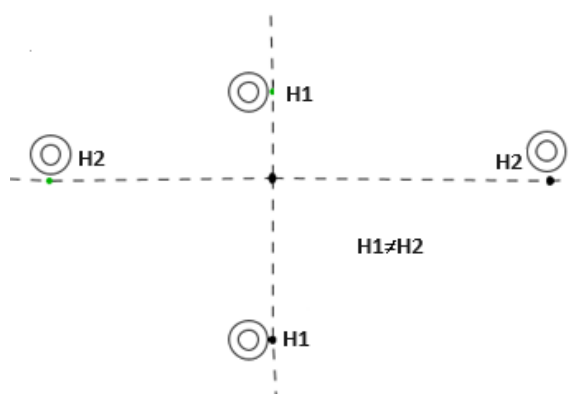


Figura 4: Cruzamento Aéreo – Rede Convencional

ii. Cruzamento de redes de distribuição compacta com conexão:

A altura cabo solo do mensageiro no ponto de conexão deve estar nivelada. Ver detalhes nas ND's 2.9, 2.10 e Figura 5. Em geral, o nivelamento é obtido com postes de mesma altura nos alinhamentos.

Excepcionalmente, as alturas dos postes de um mesmo alinhamento podem ser diferentes, desde que seja assegurado o nivelamento no ponto de conexão. Exemplos: H1 e H4 = 11m e H2 e H3 = 12m.

Nos postes adjacentes ao cruzamento devem ser utilizadas estruturas travadas, por exemplo, CE1, CE2, CE3 e CE4. Não podem ser utilizadas estruturas com configuração dos cabos na horizontal para evitar torção no ponto de conexão. Ex.: CEJ2, CEM4 etc., exceto quando o ponto de cruzamento estiver a mais de 12 m da(s) estrutura(s).

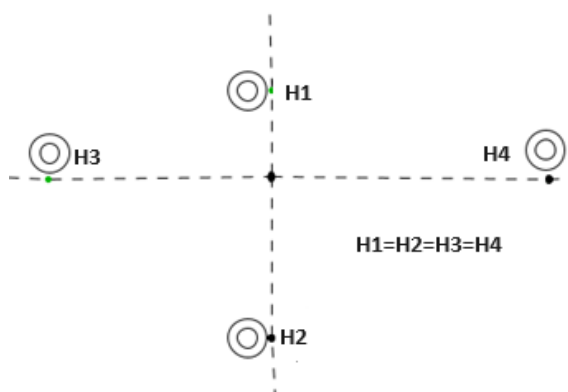


Figura 5: Cruzamento Aéreo – Rede Compacta

Os condutores do cruzamento (circuito superior e circuito inferior) devem ter mesma seção até o ponto do equipamento de proteção (chave fusível, religador etc.) ou final de circuito. Os jumpers devem ser da mesma seção dos condutores.

iii. Cruzamento de redes isoladas de média tensão:

Não pode ser utilizado cruzamento com conexão.

iv. Cruzamento de redes de média tensão de modalidades diferentes:

Não pode ser utilizado cruzamento com conexão.

Em caso de conexão entre redes nua e compacta, converter o trecho do cruzamento de rede nua para rede compacta.

v. Cruzamento de redes de baixa tensão

Pode ser executado cruzamento entre redes de modalidade diferentes. Detalhes de construção na ND-2.7.

2 DISPOSIÇÃO

A posteação pode ser unilateral, bilateral alternada ou bilateral frente a frente. Ver Figura 6. Os postes não devem ser instalados no canteiro central de ruas e avenidas. A posteação em condomínios deve atender aos requisitos do item 6 deste capítulo.

A disposição escolhida deve permitir atender os consumidores dentro das exigências previstas nas ND-5.1, ND-5.2, ND-5.3 e ND-5.4.

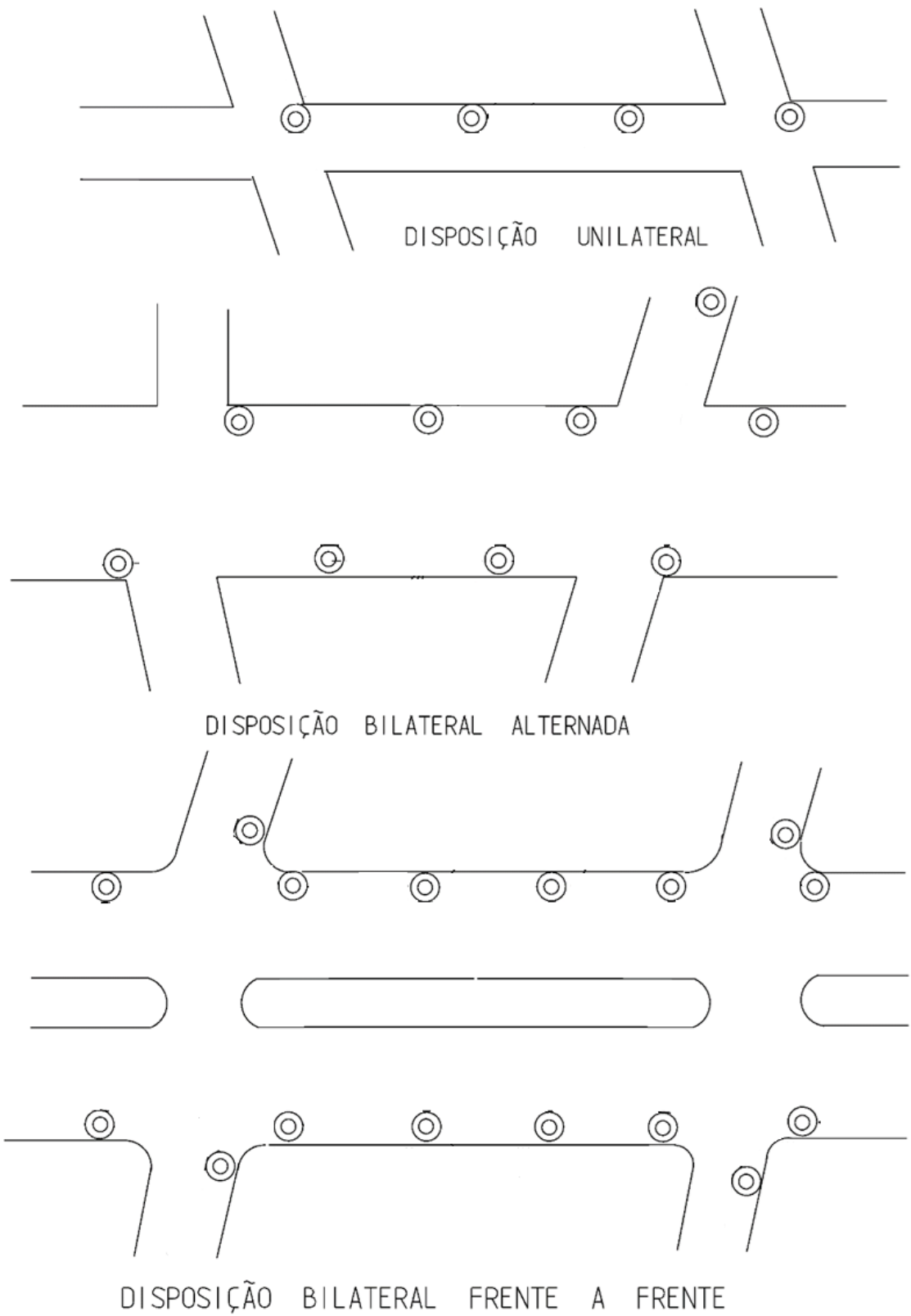


Figura 6: Disposição de Postes

3 VÃO

- a. O vão médio deve ser de aproximadamente de 40 m para redes de média e baixa tensão;
- b. Para redes compactas e isoladas, o vão máximo pode ser de até 45 m desde que a montagem da rede de BT seja feita numa altura adequada em relação ao solo. Deve ser respeitada ainda, a distância recomendada entre a BT e MT de forma a se obter a distância mínima cabo-solo especificada nas normas de instalações básicas;
- c. Em áreas periféricas e com baixa densidade habitacional ou em áreas com predominância de chácaras, o projetista pode adotar vãos entre 45 e 60 m, em situações específicas de projeto, desde que a condição do perfil seja favorável. A distância recomendada entre as redes de BT e MT e a distância mínima cabo-solo especificada nas normas de instalações básicas devem ser respeitadas. Caso necessário utilizar postes com comprimento maior, elevando altura de montagem da baixa tensão;
- d. Em travessias de avenida, rodovia, ferrovia, metrô, ribeirão etc., os vãos devem ser projetados preferencialmente com cabo CAA, observando os requisitos do relatório 02.111-ED/ES-3003;
- e. Quando não houver solução técnica para realizar a travessia com rede aérea, deve-se fazer este trecho com infraestrutura subterrânea. O método de construção deverá ser executado conforme instrução e exigência do concessionário da travessia.

4 OUTROS CUIDADOS A SEREM OBSERVADOS DURANTE A LOCAÇÃO

Durante a locação devem ser anotados, na planta, detalhes necessários ao projeto tais como:

- a. Estrutura a ser usada;
- b. Afastamento da rede;
- c. Desnível para conexões aéreas;
- d. Tipo de engastamento do poste;
- e. Saídas de ramais aéreos e subterrâneos com seus respectivos faseamentos;
- f. Derivações para consumidores a serem ligados no primário;
- g. Instalações de equipamentos em postes perto de janelas, sacadas etc.;
- h. Levantamento de travessias;
- i. Altura de linhas de telecomunicação nos cruzamentos com a rede;
- j. Localização do padrão;
- k. Estado físico do arruamento;

- l. Toponímia;
- m. Pedidos de serviço/ligação;
- n. Interferência com a arborização;
- o. Interferência com garagens;
- p. Interferência com tubulações subterrâneas de água, linhas de distribuição, esgoto, gás, rede de telecomunicações, galerias de águas pluviais etc.

5 MARCAÇÃO

A marcação física da posição dos postes segue os critérios básicos abaixo indicados:

- a. Havendo passeio ou meio-fio, os postes são locados por meio de um triângulo vermelho pintado no passeio ou meio-fio. Neste caso, o alinhamento é dado pelo próprio meio-fio;
- b. Não havendo passeio ou meio-fio, os postes são locados por meio de piquetes de madeira, pintados de vermelho na sua extremidade superior e ainda, se possível, deve ser pintada alguma estaca testemunha (muro, moirão, cerca, árvore etc.);
- c. Neste segundo caso, há necessidade de definição do alinhamento do meio-fio por projetos aprovados pela prefeitura.

6 CONDOMÍNIOS

- a. As vias internas devem possuir calçadas de, no mínimo, 1,5 metros. Entende-se como calçada a parte da via, segregada e em nível diferente, não destinada à circulação de veículos, reservada ao trânsito de pedestres; e com condições para implantação dos postes da rede elétrica de distribuição;
- b. Em locais onde forem previstas vagas de estacionamento:
 - Os postes da rede elétrica de distribuição devem ser alocados em ilhas, com no mínimo 1,00 metro de largura, circundadas por meio fio.
 - As redes de distribuição devem ser projetadas paralelas às vias, e ter distância mínima horizontal do limite das vagas de 1,00 m para redes de MT Compacta, 0,6m para rede de MT isolada e de 0,50 metro para redes de BT isolada (Figura 7: e Figura 8). No caso em que as ilhas estiverem alinhadas com as vagas (Figura 9), devem ser utilizadas estruturas de afastamento para as redes conforme definidas em normas de instalações básicas (ND-2.9 e ND-2.7).

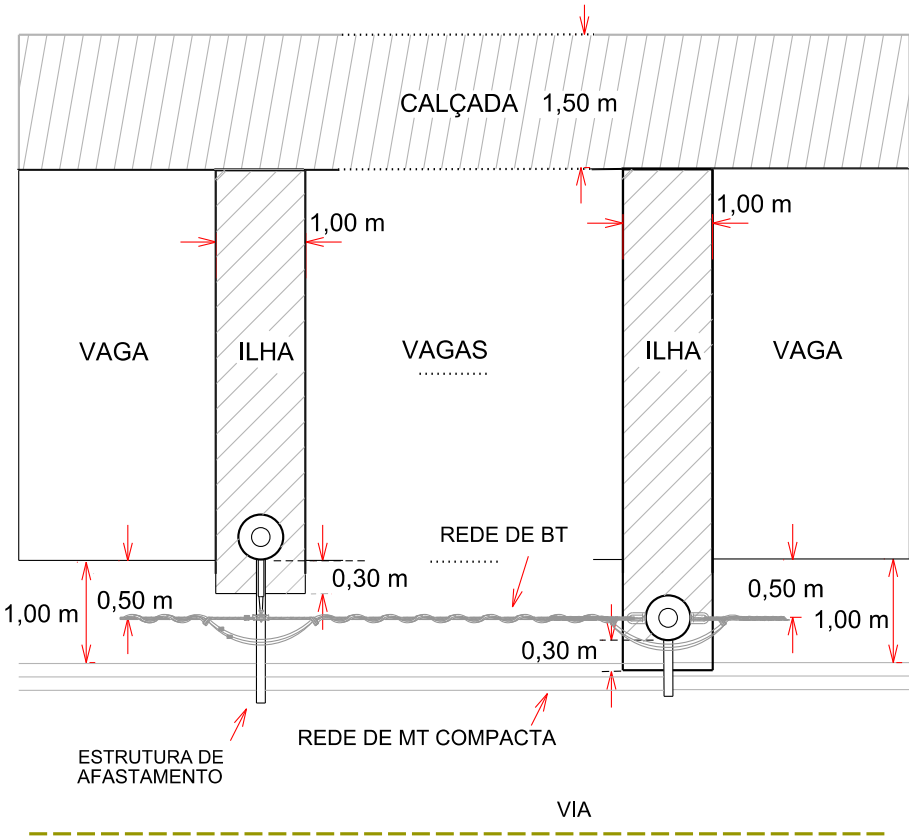


Figura 7: Alocação de Postes ao Lado de Vagas de Estacionamento



Figura 8: Alocação de Postes ao Lado de Vagas de Estacionamento



Figura 9: Alocação de Postes Alinhados com as Vagas

- Onde for previsto a instalação de transformador as ilhas devem possuir no mínimo 2,50 metros de largura conforme Figura 10.

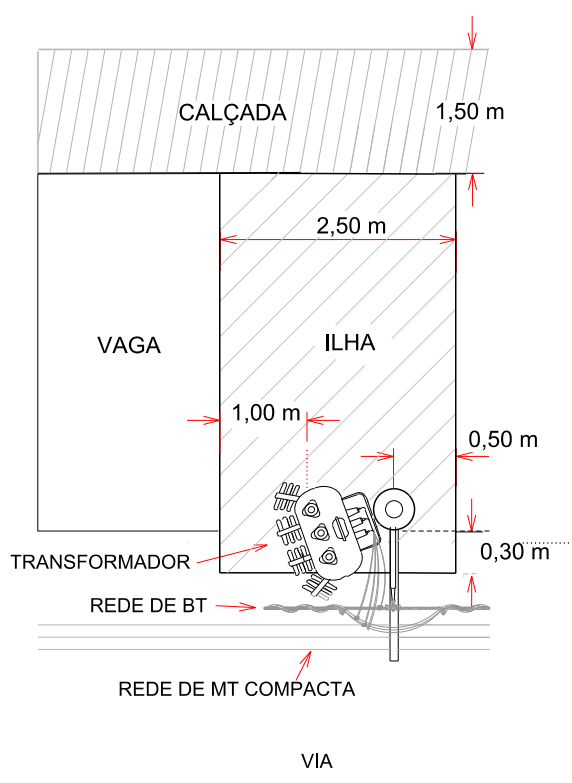


Figura 10: Dimensionamento da ilha para instalação de transformador ao lado de vagas

- c. Em locais onde não forem previstas vagas de estacionamento entre a via e a rede, os postes devem ser alocados nas calçadas junto ao meio fio (Figura 11), conforme item 2 deste capítulo, dispensando a construção de ilhas.

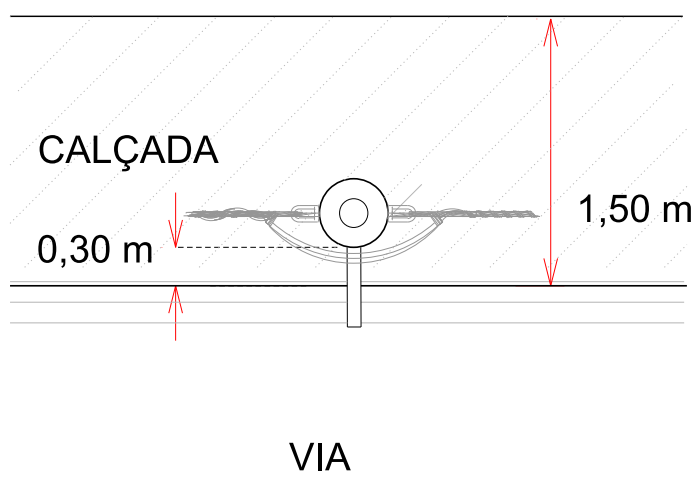


Figura 11: Alocação de postes em calçada

- d. Em caso de vias internas com canteiros centrais os postes podem ser alocados nestes. Ver Figura 12: Alocação de Postes em Canteiro Central.



Figura 12: Alocação de Postes em Canteiro Central

- e. As vias internas devem possuir área livre de circulação de veículos de, no mínimo, 5,0 m (cinco metros). Entende-se como área livre de circulação a parte da via que serve como pista de rolamento, já descontados os espaços de estacionamento e sarjetas;
- f. Os condomínios devem possuir área de manobra. Entende-se como área de manobra o local que permita a inversão total do sentido de direção original. A área de manobra poderá situar-se no final da via ou no cruzamento de vias. A área de manobra deve permitir o retorno de veículos de até 14,0 m (quatorze metros). A distância máxima de ré deverá ser de até 80 metros;
- g. Não são permitidas construções civis, inclusive coberturas de vagas de estacionamento, sob as redes de distribuição (média tensão, baixa tensão e ramais de ligação), devendo ser obedecidos os afastamentos previstos nas normas ABNT NBR 15688, ABNT NBR 15992 e ABNT NBR 16615;
- h. O plantio de árvores dentro do condomínio deverá seguir os critérios do Manual de Arborização da Cemig;
- i. A entrada do condomínio deverá possuir área livre com largura mínima de 4,0 metros e altura mínima de 4,5 metros de forma a permitir o trânsito de caminhões;
- j. A iluminação das vias internas deve ser negociada junto à Prefeitura Municipal.

DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

1 REDE SECUNDÁRIA

Os critérios básicos para dimensionamento elétrico da rede secundária definidos neste capítulo têm como referência os documentos ED-1.2, ED-1.6 e ED-1.17.

1.1 Definição Básica

Em locais com circuitos de MT trifásicos, a expansão da rede secundária deve ser trifásica.

O neutro é multiterrado e comum ao primário e secundário.

Para projeto de rede SMC, consultar relatório AD/ES-2006.

1.2 Níveis de Tensão

A tensão nominal da rede secundária alimentada por transformadores trifásicos é de 220/127V. A rede alimentada por transformadores monofásicos tem tensão secundária de 240/120V.

As faixas de tensão adequadas no ponto de entrega devem atender ao módulo 8 – Qualidade de Energia do PRODIST. A Tabela 1 reproduz os valores constantes no PRODIST.

Tabela 1: Faixas de Tensão Admissíveis em Redes de Distribuição

Rede	Tensão (V)	Restrição	Valores em Volts	
			Faixa de Valores Adequados	
			Máximo	Mínimo
Secundária	220/127		231/133	202/117
	240/120		252/126	221/110

O cálculo de queda de tensão deve ser realizado preferencialmente pelo programa corporativo de projeto disponibilizado pela Cemig Distribuição. Método alternativo é o descrito no item 3 deste capítulo da norma.

1.3 Configuração Básica e Faseamento

1.3.1 Configuração Básica

Os projetos da rede de baixa devem considerar as configurações típicas mostradas na Figura 13.

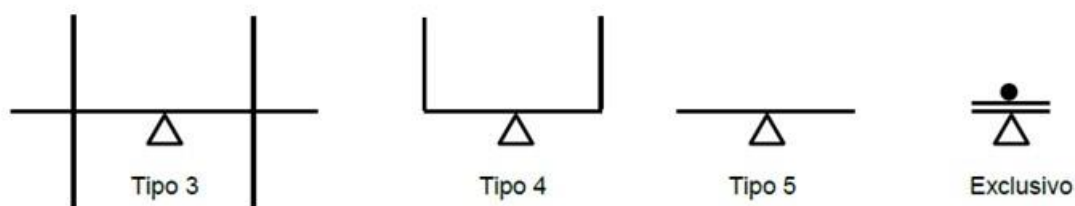


Figura 13: Tipos Básicos de Circuitos Secundários

1.3.2 Faseamento

Os condutores isolados são identificados conforme ND-2.7.

Os cabos nus devem ser identificados, de cima para baixo, com a sequência: Neutro, A, B e C.

1.3.3 Condutores – Tipo e Seção

Os condutores a serem utilizados nos projetos de rede secundária são do tipo isolado multiplexados.

As seções padronizadas são:

- 2 x 1 x 35 + 70 mm²;
- 2 x 1 x 70 + 70 mm²;
- 3 x 1 x 70 + 70 mm²;
- 3 x 1 x 120 + 70 mm².

As características básicas desses cabos estão indicadas na Tabela 2.

Tabela 2: Características dos Cabos Multiplex de Baixa Tensão

Cabo	Corrente admissível no condutor fase $I_{\max}(A)$	Carga de ruptura do neutro CAL (daN)	Peso Unitário (kg/km)
2x1x35+70	129	2060	390
2x1x70+70	192	2060	685
3x1x35+70	129	2060	530
3x1x70+70	192	2060	900
3x1x120+70	262	2060	1400

Notas:

Valores de corrente referidos à temperatura ambiente igual 40°C

Temp. no condutor: 90° C

Corrente admissível do neutro $I_n=200A$

CAL = cabo de alumínio com liga

A Tabela 3 apresenta as características básicas de condutores nus de alumínio simples e de cobre e cabos não mais utilizados na expansão da rede.

Tabela 3: Características dos Condutores CA e Cobre

Condutor (mm ²)	Condutor (AWG)	Alumínio Simples - CA			Cobre Nu		
		Peso Unitário (kg/km)	Carga de ruptura (daN)	Inom (A)	Peso Unitário (kg/km)	Carga de ruptura (daN)	Inom (A)
13	6	-	-	-	118	459	101
21	4	58	415	111	188	719	136
34	2	92	635	149	302	1045	194
53	1/0	145	940	201	485	1684	252
107	4/0	293	1810	314	972	3280	394
170	336,4	467	2995	425	-	-	-

Notas:

Valores de corrente referidos à temperatura ambiente igual 40°C

Temp. no condutor: 70° C

O cabo 2x1x35+70mm² deve ser utilizado em alimentação do controle dos religadores de rede e bancos de capacitores automáticos, ficando proibida a ligação de qualquer unidade consumidora nesses circuitos.

O cabo 3x1x35+70mm² não é mais utilizado como cabo de rede secundária, ficando seu uso somente como ramal de conexão.

1.3.4 Dimensionamento

a. Critérios Gerais

As redes secundárias devem ser projetadas, em princípio, de modo a não serem necessárias trocas de condutores, mas somente redivisão de circuitos para atendimento ao crescimento esperado da carga. Não é admissível o uso de circuitos múltiplos em redes de baixa tensão, exceto circuitos exclusivos de iluminação.

Os troncos mínimos a serem utilizados são os indicados na Tabela 4.

Tabela 4: Condutor Mínimo para Tronco da Rede Secundária

Potência Transformador (kVA)		Condutor Nu (AWG/MCM)		Tronco Rede Cabo Isolado	Cabo Isolado - Barramento
Trifásico	Monofásico	Fase	Neutro		
300				Ver notas	
150		4/0	1/0	Ver notas	2x120mm ² ou 240mm ²
75		1/0	2	3x1x120+70	120mm ²
30/45		2	2	3x1x70+70	
	37,5	1/0	1/0	2x1x70+70	120mm ²
	10/25	2	2		70mm ²

Notas:

1- Os transformadores de 150 e 300 kVA são para uso exclusivo.

2- Alternativamente, o transformador de 150kVA pode alimentar rede secundária com seção de 4/0(1/0) ou 3x1x120+70, desde que parte da carga seja ligada diretamente ao barramento ou bucha secundária do transformador e que circule no máximo 262A (100kVA) para cada um dos lados do tronco.

3- As seções consideram divisão da carga por circuito lateral em 40% e 60%.

Em locais com circuitos de MT trifásicos, a expansão da rede secundária deve ser trifásica.

O transformador deve estar próximo ao centro de carga. A distância máxima entre o transformador de distribuição e o último poste atendido por ele deve ser de 160 m em circuitos trifásicos.

Em circuitos monofásicos, a distância máxima entre o transformador de distribuição e o último poste atendido por ele deve ser de 120 m.

- b. Loteamentos, novos empreendimentos imobiliários com características residenciais e extensão de circuitos secundários trifásicos: bitola mínima do cabo é $3 \times 1 \times 70 + 70 \text{ mm}^2$.
 - c. Rede secundária de transformadores monofásicos: bitola do cabo projetado deve ser $2 \times 1 \times 70 + 70 \text{ mm}^2$.
 - d. Em reforma da rede secundária, se a rede secundária existente for com cabos nus, a substituição por rede isolada é obrigatória, cabendo ao projetista definir o cabo mais adequado ($3 \times 1 \times 120 + 70 \text{ mm}^2$ ou $3 \times 1 \times 70 + 70 \text{ mm}^2$).
 - e. Em projetos de conversão da rede de Média Tensão Convencional para Compacta ou Isolada, deve-se substituir a rede de baixa tensão dos transformadores desligados neste projeto de conversão e modificação.
 - f. Quando a rede de MT for tipo convencional com cabo CA 4 AWG ou fio de cobre e o trecho for desligado para execução de obras de expansão ou melhoria do sistema, o responsável deve incluir na obra a troca destes cabos por rede MT compacta, considerando a viabilidade de execução no mesmo desligamento, nas seguintes condições:
 - i. Carregamento dos condutores $\geq 90\%$ do nominal;
 - ii. Nível de curto-circuito acima da capacidade dos cabos;
 - iii. Local arborizado e com risco de quedas de galhos com possibilidade de provocar rompimento dos cabos;
 - iv. Locais com grande movimentação e/ou possibilidade de aglomeração de pessoas (exemplos: centros urbanos, praças e locais de festividades);
 - v. Outras situações identificadas pelo responsável técnico da gerência executora da obra.
 - g. Modificação, reforma ou reforço de circuitos secundários
- Os cabos isolados de $2 \times 1 \times 35 + 70$ e $3 \times 1 \times 35 + 70 \text{ mm}^2$ já instalados podem ser mantidos na rede secundária desde que os critérios de tensão estejam plenamente atendidos.
- h. Carregamento

Além dos critérios acima indicados, devem ser adicionalmente observados os seguintes pontos básicos:

- Limites de tensão admissível, em condições normais e de emergência;
- Capacidade de condução de corrente elétrica dos condutores, em regime nominal, deve ser considerada a 40°C de temperatura ambiente;
- Capacidade de condução de corrente elétrica nominal dos cabos nus é especificada a 70°C e a dos condutores isolados e cobertos a 90°C de temperatura nos condutores.

1.4 Transformadores

1.4.1 Dimensionamento e Localização

- a. Em locais com circuitos de MT trifásicos, o transformador deve ser obrigatoriamente trifásico, exceto para alimentação de circuitos exclusivos de iluminação, alimentação de caixa de controle de equipamentos (religadores e de bancos de capacitores automáticos).
- b. Em loteamentos e empreendimentos com características residenciais, devem ser utilizados transformadores trifásicos de 45 kVA e 75 kVA.
- c. Transformadores de 150 kVA e 300 kVA devem ser utilizados para alimentação exclusiva ou para o atendimento de grandes blocos de carga tais como edifícios residenciais e/ou comerciais.
- d. Em projetos com transformadores monofásicos, a potência nominal dos transformadores utilizados deve ser 25 kVA ou 37,5 kVA. Observar o critério para extensão de rede primária monofásica nesta norma.
- e. Em projetos de redes de distribuição com instalação de novos transformadores, não poderão ser utilizados transformador monofásico de 10 kVA e 15 kVA e transformadores trifásicos de 112,5 kVA e 225 kVA.

Nota: Transformadores de 10kVA monofásicos podem ser utilizados na alimentação de equipamentos e circuitos exclusivos de IP.

- f. Os transformadores devem ser instalados o mais próximo possível do centro de carga do respectivo circuito secundário e próximo às cargas concentradas, principalmente àquelas causadoras de *flicker* na rede (raio X, forno à arco, máquina de solda, motor de grande capacidade etc.).
- g. Em função da possibilidade de ocorrência de flutuações de tensão deve ser dada especial atenção ao atendimento das seguintes cargas:
 - Motor monofásico com potência superior a 2CV, alimentado em tensão fase-neutro;
 - Máquina de solda a transformador com potência superior a 2kVA, alimentada em tensão fase-neutro;
 - Motor monofásico com potência superior a 5CV, alimentado em tensão fase-fase;

- Motor de indução trifásico com potência superior a 30CV;
 - Máquina de solda tipo motor-gerador com potência superior a 30CV;
 - Máquina de solda a transformador, 220V – 2 ou 3 fases, ligação V-V invertida com potência superior a 15kVA;
 - Máquina de solda a transformador 220V – 3 fases, com retificação com potência superior a 30kVA.
- i. Em circuitos de BT existentes, o carregamento máximo admitido para os transformadores MT/BT para a liberação de carga deve ser 150% da capacidade nominal para os transformadores convencionais e 90% da capacidade nominal para os transformadores autoprotegidos. O carregamento máximo deve ser verificado no horário de ponta de carga do transformador.
- j. Em circuitos novos de BT, planejados ou projetados para permitir a ligação de novas cargas, reequilibrar circuitos, regularizar níveis de tensão, carregamento etc., o carregamento máximo inicial admitido para os transformadores MT/BT deve ser no máximo 80% da capacidade nominal do equipamento para os transformadores convencionais. O carregamento máximo deve ser verificado no horário de ponta de carga do transformador.
- k. Em conversão de rede primária monofásica para trifásica, os transformadores monofásicos e suas respectivas redes secundárias podem ser mantidos. Avaliar a substituição dos transformadores monofásicos para trifásicos. No entanto, mantendo-se os transformadores monofásicos, suas ligações de MT devem ser modificadas de forma a equilibrá-las entre as três fases.

1.4.2 Equilíbrio de carga – Máximo Desequilíbrio Permissível

O desequilíbrio de corrente nas fases de um circuito secundário pode causar queda de tensão elevada na fase mais carregada, provocando o desequilíbrio de tensão e o surgimento de corrente no neutro. Além disso, pode provocar sobrecargas às fases mais carregadas do transformador.

O equilíbrio deve ser alcançado ao longo de todo o comprimento do circuito e, principalmente, no horário de carga máxima, quando ocorrem as maiores quedas de tensão.

Para transformadores monofásicos e trifásicos, deve-se adotar o limite de 20% para o máximo desequilíbrio, calculado pelas fórmulas abaixo:

- trifásicos

$$Deseq(\%) = \frac{3 \cdot \sqrt{(I_a^2 + I_b^2 + I_c^2) - (I_a \cdot I_b + I_b \cdot I_c + I_c \cdot I_a)}}{I_a + I_b + I_c} \cdot 100$$

- monofásicos

$$Deseq(\%) = \frac{2 \cdot (I_a - I_b)}{I_a + I_b} \cdot 100$$

Onde I_a , I_b , I_c são os módulos das correntes nas fases em ampères.

Acima de 20%, o circuito deve ser equilibrado.

1.5 Correção dos níveis de tensão

Quando for verificada tensão no circuito secundário, fora dos limites permitidos (item 1.2 deste capítulo), e após consulta aos setores de planejamento e manutenção, o projetista deve adotar ações, de acordo com avaliações técnicas e econômicas, para correção do problema:

a. Equilibrar as fases:

Remanejar cargas entre as fases de forma que o desequilíbrio seja igual ou inferior ao estabelecido no item 1.4.2.

b. Relocação do transformador:

As frequentes mudanças do circuito secundário para atender ao crescimento de carga podem resultar em um mau posicionamento do transformador com relação às cargas atendidas. Isso pode resultar em elevada queda de tensão no circuito secundário.

c. Divisão de circuitos:

Dividir o circuito secundário instalando um novo transformador ou transferir cargas para o circuito adjacente.

d. Troca de condutores:

Esta alternativa deve ser considerada quando o crescimento de carga é elevado e o planejamento é feito para um horizonte maior.

Trocar condutores, nos trechos críticos, para redução da impedância do circuito pela troca dos condutores permitindo uma redução proporcional da queda de tensão.

e. Transformação de circuitos monofásicos em trifásicos:

Trocar o transformador monofásico para trifásico e alterar o circuito secundário de forma a atender a nova configuração do circuito.

Em caso de elevação de tensão devido a injeção de potência por meio de geração distribuída, deve-se aplicar as mesmas ações para queda de tensão.

1.6 Proteção contra sobretensões

Devem ser instalados para-raios de baixa tensão, com tensão nominal de 280V e corrente de descarga nominal de 10kA, equipados com desligador automático para desconectar eletricamente e sinalizar para-raios defeituosos. Devem ser instalados nos seguintes casos:

a. Proteção de transformadores

Os para-raios de rede secundária devem ser instalados em todo transformador. Devem ser instalados entre fase e neutro, de forma que devem ser projetados dois para-raios para os transformadores monofásicos e três para os trifásicos.

b. Proteção de consumidor reclamante:

No caso de reclamações relacionadas a sobretensões devido a surtos atmosféricos, desde que, comprovadamente, seja constatada a existência do problema decorrente de sobretensão, devem ser instalados para-raios de rede secundária também na estrutura da qual deriva o ramal de conexão que atender ao consumidor reclamante, além dos já instalados no transformador.

Esses para-raios devem obedecer aos padrões estabelecidos nas normas de instalações básicas.

2 REDE PRIMÁRIA

2.1 Definição Básica

A rede primária será trifásica a 4 fios, sendo o neutro multiterrado e conectado à malha de terra da subestação de distribuição.

A saídas de subestações serão sempre trifásicas.

2.2 Níveis de tensão

2.2.1 Geral

As tensões nominais padronizadas da rede primária são de 13.800/7.967V, 22.000/12.700V e 34.500/19.920V.

As faixas de tensão adequadas no ponto de entrega devem atender ao módulo 8 – Qualidade de Energia do PRODIST. A Tabela 5 reproduz os valores constantes no PRODIST.

Tabela 5: Faixas de Tensão Admissíveis em Redes de Distribuição

Rede	Tensão (V)	Restrição	Valores em Volts	
			Faixa de Valores Adequados	
			Máximo	Mínimo
Primário	13800/7967	Áreas Rurais em atendimento a consumidores primários ou consumidores secundários com transformadores exclusivos.	1,05	0,93
	22000/12701			
	34500/19918			

Notas:

1-TL → Tensão de Leitura – Fonte: Prodíst/Módulo 8 rev12

2- Esses dados estão referentes ao ponto de medição na unidade consumidora

O cálculo de tensão deve ser realizado de acordo com o item 3 deste capítulo da norma.

2.2.2 Medidas para correção dos níveis de tensão primária

Nos projetos de rede, devem ser cuidadosamente analisados os critérios utilizados para correção ou regulação da tensão, dentro dos critérios estipulados na ND-1.1 e ED-1.2. As ações mais utilizadas para correção ou regulação de tensão são a instalação de equipamentos reguladores de tensão e de banco de capacitores.

A instalação do dispositivo de regulação de tensão deve estar de acordo com as normas de instalações básicas e ser colocado em local de fácil acesso, na divisa da área urbana com área rural. Evitar locais próximos a residências.

A instalação de banco de capacitores deve estar de acordo com o item de compensação reativa dessa norma.

2.2.3 Configuração básica, trajeto e faseamento

a. Configuração Básica

O alimentador deve ser radial, constituído de um tronco principal que, partindo da subestação de distribuição, alimenta diversos ramais.

Os sistemas radiais podem ser:

- Simples: utilizado em áreas de baixa densidade de carga, nas quais o circuito toma direções distintas face às próprias características de distribuição da carga, dificultando o estabelecimento de pontos de interligação.

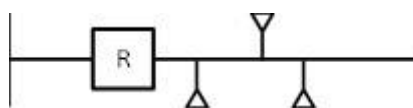


Figura 14: Configuração Radial Simples

- Com recursos: utilizado em áreas de maiores densidades de carga ou que demandem maior grau de confiabilidade devido às suas particularidades (hospitais, centros de computação etc.).

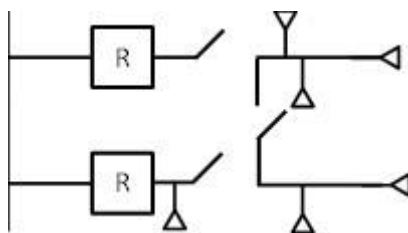


Figura 15: Configuração Radial com Recurso

Esse sistema caracteriza-se pelos seguintes aspectos:

- Existência de interligação, normalmente aberta, entre alimentadores da mesma subestação ou de subestações diferentes.
- Previsão, no projeto, da capacidade dos condutores e equipamentos de absorverem carga de outro circuito na eventualidade de defeito.
- Limitação do número de consumidores interrompidos, por defeito e diminuição do tempo de interrupção em relação ao sistema radial simples.
- Religadores com função de operação da rede.

Notas:

1- Cuidados especiais devem ser tomados com relação aos pontos de instalação de reguladores de tensão e religadores, em função da inversão do fluxo de carga, quando da interligação de circuitos;

2- Cuidados especiais devem ser tomados de forma a evitar inversão de fases nas estruturas de interligação;

3- Deve ser prevista sinalização nas estruturas com inversão de fase no cadastro e no campo, identificando no próprio condutor as fases de ambos os lados da estrutura.

b. Trajeto

Para a escolha do trajeto de um alimentador, devem ser observados os seguintes aspectos:

- Definir o trajeto futuro da rede primária de forma a permitir a utilização de postes mais baixos, onde não há previsão da expansão da rede primária. O poste mínimo é 11 metros.
- Podem ser empregados circuitos duplos em rede nua. Circuitos duplos, triplos e quádruplos em redes compactas e isoladas primárias também podem ser empregados. Para esses casos, devem ser evitados ângulos acentuados devido à limitação mecânica dos postes. Nestas situações, utilizar poste mínimo de 12m.

- Os postes próximos a saída da SE devem ter altura mínima de 12 m por pelo menos 150m no traçado dos alimentadores.
- O tronco do alimentador deve passar o mais próximo possível do centro de carga;
- As avenidas ou ruas escolhidas para o seu trajeto devem estar bem definidas;
- Os trajetos dos ramais devem ser planejados de forma a evitar voltas desnecessárias nos quarteirões.

Nota: O desligamento programado para execução da obra deve ser avaliado durante a etapa do projeto. Portanto, as derivações de poste mais distante, são aceitáveis e não consistem em “volta desnecessária”. A intercalação de poste pode ser uma alternativa.

- Deve ser verificada a vulnerabilidade de alimentadores em ruas de tráfego intenso, principalmente, no caso de redes com circuitos múltiplos;
- Com o objetivo de reduzir o DEC, deve-se evitar que mais de um alimentador seja instalado em um mesmo poste, para tanto avaliar a possibilidade de posteação bilateral.
- Possibilidade de interligações entre alimentadores diferentes, para as contingências operativas do sistema.

c. Faseamento

O tronco do alimentador deve ser sempre trifásico.

Deve ser identificada a sequência de fases, no projeto, em todas as derivações:

- A sequência de fases na saída da subestação, considerando-se o observador de frente para o pórtico de saída, deve ser, da esquerda para a direita:
 - ✓ Placa vermelha – fase A
 - ✓ Placa azul – fase B
 - ✓ Placa branca – fase C
- O reconhecimento do faseamento, nas saídas dos alimentadores existentes, deve ser feito observando-se as placas indicativas instaladas no pórtico da subestação;
- Devem ser colocados identificadores de fase em todas as derivações das redes primárias convencional e compacta.

Para redes compactas, para que a sequência de fases seja mantida nos espaçadores e separadores ao longo da rede, devem ser seguidos os critérios das ND's 2.9 e 2.10.

Os ramais podem ser monofásicos onde a rede primária existente for monofásica, mas devem ser analisados os impactos da carga desses ramais na coordenação da proteção. Avaliar também a tensão. (Ex.: desligamento do tronco por desequilíbrio em caso de atuação da proteção de ramal).

Em caso de interligação entre alimentadores, além de ser observada a sequência de fases que deve ser sempre indicada nos projetos, devem ser também verificados os defasamentos angulares introduzidos em cada circuito pelos seus respectivos transformadores.

2.2.4 Condutores

a. Tipo e Seção

Os condutores a serem utilizados nos projetos de rede primária são do tipo CA cobertos e isolados.

As seções padronizadas são:

Redes compactas:

- 50 mm², para rede de 15kV e 24,2kV;
- 70 mm², para rede de 36,2kV;
- 150 mm², para rede de 15kV ,24,2kV e 36,2kV;
- 240mm², para rede de 15kV – Ver nota 1;

Nota:

1) Projetos de redes compactas de 15 kV com cabo de 240 mm² serão definidos pela área de planejamento da distribuição para atendimento a GDs ou criação de anéis ao redor de SE.

Redes isoladas:

- 3 x 1 x 50 mm² + 9,5 mm, para rede 15kV;
- 3 x 1 x 120 mm² + 9,5 mm, para rede 15kV;
- 3 x 1 x 185 mm² + 9,5 mm, para rede 15kV.

As características básicas desses cabos estão indicadas nas Tabela 6 e 7.

Tabela 6: Características Físicas e Elétricas dos Cabos de Rede Isolada

CABOS ISOLADOS – 15kV			
Cabo	Corrente Admissível (A) T _c =90°C	Carga de ruptura Mensageiro (daN)	Peso Unitário (kg/km)
3x1x50+9,5mm (2AWG ou 70mm ²)	175	4900	2050
3x1x120+9,5mm (1/0 AWG ou 70mm ²)	295	4900	3300
3x1x185+9,5mm (1/0 AWG ou 70mm ²)	386	4900	4200

Tabela 7: Características Físicas e Elétricas dos Cabos de Rede Compacta

CABOS COBERTOS – 15kV				
Cabo	Corrente Admissível (A) Tc=90°C	Carga de ruptura do cabo coberto (daN)	Peso Unitário do cabo coberto (kg/km)	Carga de ruptura do cabo de aço (daN)
50 (2AWG ou 70mm ²)	225	650	260	4900
150 (1/0AWG ou 70 mm ²)	456	1950	590	4900
240 (1/0AWG ou 70 mm ²)	625	3120	875	4900
CABOS COBERTOS – 24,2kV				
50 (2AWG ou 70mm ²)	224	650	320	4900
150 (1/0AWG ou 70 mm ²)	450	1950	640	4900
CABOS COBERTOS – 35kV				
70 (2AWG ou 70mm ²)	270	910	650	4900
150 (1/0AWG ou 70 mm ²)	432	1950	950	4900

Notas:

1 – Valores de corrente referidos às temperaturas ambiente de 40°C e máxima no condutor de 90°C em regime permanente. Velocidade de vento igual a 2,2km/h.

2 – Para temperatura ambiente de 30°C, multiplicar os valores da tabela por 1,10.

3 – As seções em AWG do neutro são para os trechos onde não há rede secundária isolada.

A Tabela 3 apresenta as características básicas de condutores nus de alumínio simples e de cobre. Esses condutores não são mais utilizados em projetos de extensão.

b. Dimensionamento

Estão indicados a seguir os critérios de carregamento e dimensionamento da rede primária. Deve-se frisar que, no caso de reformas gerais ou construção de rede nova, a rede primária deve ser projetada de acordo com sua configuração para atendimento à carga prevista para o quinto ano subsequente.

A saída dos alimentadores deve ser com cabo de 150 ou 240mm² para redes compactas.

Número de alimentadores

O número de alimentadores para atendimento a uma localidade deve ser definido em função da demanda da localidade, sua área, distribuição de carga e localização da subestação de distribuição.

Carregamento

O dimensionamento dos condutores de uma rede primária deve ser feito observando-se os seguintes pontos básicos:

- Nível de tensão admissível.
- Ampacidade – Cabos nus CA:

Em regime nominal: 40°C de temperatura ambiente + 30°C de elevação de temperatura (70°C);

- Ampacidade – Cabos cobertos e isolados com XLPE:

Em regime permanente, a temperatura máxima no condutor deve ser 90°C.

Obras de Extensão de Rede

Em locais com circuitos existentes de média tensão (MT) trifásicos, a expansão da rede deve ser obrigatoriamente trifásica.

A extensão de redes monofásicas é permitida, a partir de redes monofásicas existentes, devendo ser verificado, no mínimo, a tensão de 0,97pu no primário do último transformador projetado.

Nas situações em que a tensão estiver inferior 0,97pu e o primário trifásico estiver distante, o planejamento de redes deve ser consultado para definir a solução.

Condomínios Urbanos

Em condomínios, deve ser instalado um conjunto de chave fusível na entrada. Caso não seja possível a coordenação na proteção, deve ser instalado um religador nesse ponto.

Devem ser observados, também, os níveis de curto-circuito da SE visando verificar as possibilidades de danos nos condutores. Para redes nuas, ver ED-3.3.

De acordo com os critérios de seccionamento e manobra do ED-3.6, o carregamento máximo dos troncos dos alimentadores interligáveis deve ser de 60% em relação à sua capacidade térmica, para localidades com mais de 2 alimentadores, e 50% para localidades com 2 alimentadores.

2.2.5 Equilíbrio de Carga

a. Máximo Desequilíbrio Permissível

O desequilíbrio de corrente nas fases de um circuito primário pode causar queda de tensão elevada na fase mais carregada, provocando o desequilíbrio de tensão e o surgimento de corrente no neutro.

O equilíbrio deve ser alcançado ao longo de todo o comprimento do circuito e, principalmente, no horário de carga máxima, quando ocorrem as maiores quedas de tensão.

Para redes trifásicas, deve-se adotar o limite de 20% para o máximo desequilíbrio, calculado pela fórmula abaixo:

$$Deseq(\%) = \frac{3 \cdot \sqrt{(I_a^2 + I_b^2 + I_c^2) - (I_a \cdot I_b + I_b \cdot I_c + I_c \cdot I_a)}}{I_a + I_b + I_c} \cdot 100$$

Onde:

I_a , I_b , I_c são os módulos das correntes nas fases em ampères.

b. Compensação de reativos

A localização dos bancos deve ser escolhida em função da necessidade de correção de reativo e tensão no local da instalação, sendo definido pela área de planejamento.

Considerações Gerais

A configuração dos bancos de capacitores é estrela isolada.

Os bancos de capacitores são fixos ou automáticos.

A distância mínima entre os bancos de capacitores deve ser 1,5km. Esta distância deve ser respeitada entre os bancos da rede de distribuição Cemig e entre banco da rede de distribuição Cemig e banco da unidade consumidora.

Os bancos capacitores devem estar de acordo com as normas de instalações básicas de redes de distribuição.

Não projetar bancos de capacitores em redes de distribuição aéreas isoladas.

Bancos Fixos

As potências dos bancos fixos são 150, 300 e 600kVAr. Os bancos de capacitores fixos devem ser instalados em um ramal da rede de forma que os equipamentos fiquem instalados afastados da rede tronco.

O conjunto de para-raios deve ser instalado no poste do banco de capacitor fixo. A derivação do banco fixo deve ser construída com rede compacta. Caso haja alteração no tipo de rede na derivação, deve ser instalado um único conjunto de para-raios no poste do banco de capacitor fixo.

Bancos Automáticos

As potências dos bancos automáticos são 300 e 600kVAr. Os bancos de capacitores automáticos são instalados sob a rede de distribuição. Deve ser projetado sempre um transformador exclusivo de 5kVA ou de menor potência padronizada para fornecer o sinal de tensão ao comando, na primeira estrutura anterior ou posterior ao banco de capacitor automático.

2.2.6 Interligação, Seccionamento e Derivação

a. Interligação

A interligação entre troncos deve ser projetada de acordo com as diretrizes da ND-1.1.

As operações de transferência de carga devem ser previstas no projeto verificando-se os limites máximos de queda de tensão e térmico dos condutores e os ajustes dos equipamentos de proteção.

b. Seccionamento

O projeto de seccionamento deve prever a complementação dos recursos operativos necessários, após a conclusão do projeto de proteção. Ou seja, primeiramente deve ser executado o projeto de proteção e, a seguir, o projeto de seccionamento.

Como critério mínimo deve ser instalado um conjunto de chave para cada grupo de no máximo 300 clientes. Essa etapa do projeto deve ser analisada pelas áreas de projeto e operação.

Nota: As áreas de projeto e operação possuem autonomia para seccionar a rede para grupos menores de 300 clientes.

Tipos de chaves a serem utilizadas:

- Chave faca unipolar 300 A;
- Chave faca unipolar 630 A;

Em alimentador expresso (sem clientes no trajeto), o projeto deve prever um seccionamento a cada 900 m (aproximadamente).

c. Derivação

As derivações onde não forem possíveis a instalação de dispositivos de proteção no poste do tronco do alimentador, devem ser projetadas com cabo de capacidade de condução elétrica igual ou superior a capacidade do condutor do tronco até o equipamento de proteção ou final de circuito.

2.2.7 Proteção contra sobrecorrentes

As diretrizes detalhadas de proteção, incluindo critérios de instalação, dimensionamento, ajustes e coordenação de equipamentos de proteção, constam na ND-4.15. As principais diretrizes estão resumidas a seguir.

a. Critérios de Instalação

Na saída dos alimentadores das subestações de distribuição:

- Religadores;
- Disjuntores.

Nos troncos dos alimentadores:

Em troncos interligáveis, normalmente não devem ser previstos dispositivos de proteção. Quando necessário devem ser usados:

- Religadores.

Nos ramais:

- Chave fusível;
- Seccionalizador;
- Religador Monofásico

A chave fusível deve ser projetada para proteção do ramal/transformador na rede aérea convencional/compacta, todas as vezes que se derivar de um alimentador ou ramal de grande importância.

Estando o transformador a até 150 metros desse ponto da derivação, a chave fusível poderá ser deslocada. Por questões de segurança, a chave fusível só pode ser deslocada se o transformador for visível do ponto de instalação da chave.

A critério da área de Operação do Sistema, outras situações podem exigir que as chaves fusíveis dos transformadores sejam deslocadas.

Nas derivações para atendimento a consumidores em MT:

Devem ser seguidos os critérios da ND-5.3 – Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão Rede de Distribuição Aérea ou Subterrânea.

Nos transformadores de distribuição:

Devem ser observadas as seguintes condições de acordo com o tipo de transformador e rede:

Transformadores convencionais: deve ser sempre instalada a chave fusível independentemente do tipo de rede primária (convencional ou compacta). O elo fusível deve ser dimensionado de acordo com as Tabela 8.

Tabela 8: Escolha de Elos Fusíveis para Transformador

Transformador Monofásico			
Potência kVA	7,9kV	12,7kV	19,9kV
37,5	8K	5H	3H
25	5H	3H	2H
15	3H	2H	2H
10	2H	1H	1H
5	1H	1H	-

Transformador Trifásico			
Potência kVA	13,8kV	22,0kV	34,5kV
300	15k	10k	8k
225	12k	8k	6k
150	8k	5H	5H
112,5	6k	5H	3H
75	5H	3H	2H
45	3H	2H	2H
30	2H	1H	1H
15	1H	1H	1H

Transformadores autoprotegidos: a proteção é feita pelos fusíveis e disjuntor existentes no transformador, porém devem ser observados os critérios a seguir:

- Instalados em redes convencionais: Prever a instalação de chaves fusíveis com elos fusíveis 25K para todas as potências.
- Instalados em redes compactas: Deve ser seguido o padrão estabelecido na ND-2.9.
- Redes Isoladas: A instalação deve ser realizada de acordo com o padrão estabelecido na ND-2.7.

Quando houver necessidade de deslocar a chave fusível, isso deve ser limitado a uma distância máxima de 150 m do transformador.

Nos projetos de reforma de rede, quando forem encontradas chaves fusíveis com base D, estas deverão ser obrigatoriamente substituídas por chaves de base C. Todo o conjunto chave e base deverá ser trocado.

Bancos de Capacitores:

A proteção de banco de capacitores deve ser dimensionada conforme Tabela 9.

Tabela 9: Proteção de Bancos Capacitores

Bancos Automáticos		
Potência (kVAr)	13,8kV	24,2kV
300	12K	8K
600	25K	15k

Bancos Fixos		
150	6K	-
300	12K	8K
600	25K	15k

b. Dimensionamento e Ajustes

Religadores e Seccionalizadores

O ajuste desses equipamentos deve ser executado pela operação e planejamento conforme ND-4.15.

Chaves fusíveis:

Devem ser usadas chaves fusíveis com porta-fusíveis de corrente nominal de 100 A.

2.2.8 Proteção contra Sobretensões

A proteção da rede primária contra as sobretensões é assegurada no projeto por decisões que envolvem os seguintes aspectos:

- Uso de dispositivos de proteção (para-raios de média tensão);

a. Aplicação de Para-raios

Devem ser aplicados para-raios de média tensão, com tensão nominal de 12, 21 e 30 kV, para o sistema de 15, 24,2 e 36,2 kV, respectivamente, e corrente de descarga nominal de 10 kA, equipados com desligador automático para desconectar eletricamente e sinalizar para-raios defeituosos.

Devem ser instalados nos seguintes casos:

Transformadores em redes nuas e compactas

Devem ser conectados entre fase e neutro/aterramento em todos os transformadores (três unidades para os trifásicos e uma unidade para os monofásicos).

Bancos de Capacitores

Devem ser protegidos por apenas um conjunto de para-raios.

Outros equipamentos

Devem ser instalados dois para-raios por fase, sendo um do lado da fonte e outro do lado da carga, para proteção dos reguladores de tensão, religadores, seccionalizadores, e chaves seccionadoras tipo faca normalmente abertas. Em caso de impossibilidade de instalar na estrutura do equipamento, instalar os para-raios nas primeiras estruturas adjacentes.

Deve ser instalado um para-raios por fase para chave faca normalmente fechada e chave fusível.

Outras situações

Devem ser instalados para-raios de média tensão também nos seguintes casos:

- em pontos de transição de rede envolvendo RDA para RDP, RDA para RDI, RDA para RDS, RDP para RDI e RDP para RDS (exceto em RDS para RDI sem a abertura da rede);
- em estruturas de transição de redes com transformador, o conjunto de para-raios deve ser instalado apenas na carcaça do transformador.
- em estruturas de rede convencional com mudança de NBI;
- em todas as três fases de um fim de rede trifásica, mesmo quando prossegue apenas uma das fases;
- em estruturas de transição de redes urbanas para rurais quando houver diferença de NBI.

3 CÁLCULO DE TENSÃO

A Cemig disponibiliza uma planilha e o Eletric Office para cálculo de tensão. Outros softwares e aplicativos podem ser utilizados para realizar o cálculo desde que área de projeto da Cemig autorize sua utilização pelos projetistas.

Alguns pontos devem ser observados no procedimento de queda de tensão:

- a. A queda de tensão máxima permissível a ser considerada nos circuitos de BT está limitada a 5% nos municípios que não possuem subestações de AT/MT e 7% para aqueles que já possuem tais instalações. Esses valores consideram a queda de tensão interna no transformador e queda de tensão no cabo da rede secundária.
- b. A queda de tensão interna no transformador deve ser incluída na queda de tensão da rede secundária.
- c. A ferramenta de cálculo deve considerar a queda de tensão interna do transformador.
- d. Quando a ferramenta de cálculo de queda de tensão não considerar a queda de tensão do transformador, deve-se utilizar a queda de tensão no transformador igual a 2% ou 2,5V em cada fase (base 127V).
- e. Caso o software apresente o resultado de tensão em volts, os valores devem estar de acordo com a Tabela 1.

- f. O cálculo de tensão deve ser realizado no ponto da curva de potência de maior carga, maior injeção de energia.
- g. A demanda a ser utilizada no cálculo deve ser determinada considerando os critérios do capítulo 9 dessa norma. Válido para unidade consumidora sem geração.
- h. Na liberação de carga em redes existentes, o cálculo de tensão é realizado de acordo com o procedimento operacional padrão.
- i. Os coeficientes de queda de tensão para rede secundária estão nas Tabela 10 e Tabela 11.
- j. Os coeficientes de queda de tensão para rede primária estão indicados nas Tabelas 12, 13 e 14.

Tabela 10: Sistema Trifásico – 220/127 – Valores em % para kVAx100m Coeficientes de Queda de Tensão para Cabos de Rede Secundária

ALUMÍNIO SIMPLES CA			
Condutor	FP=1	FP=0,92	FP=0,80
3 fases – e.e=0,252m			
4	0,334	0,337	0,312
2	0,210	0,221	0,211
1/0	0,132	0,148	0,146
3/0	0,083	0,101	0,105
4/0	0,066	0,085	0,090
336,4	0,041	0,061	0,068
2 fases – e.e=0,252m			
2#4(4)	0,765	0,748	0,679
2#2(4)	0,578	0,573	0,526
2#1/0(4)	0,386	0,395	0,370
1 fase – e.e=0,20m			
1#4(4)	1,781	1,786	1,650
1#2(4)	1,398	1,430	1,338
1#1/0(4)	0,875	0,940	0,908

CABOS ISOLADOS DE BT			
Cabos	FP=1	FP=0,92	FP=0,80
2x1x35+70	0,3518	0,3356	0,2998
2x1x70+70	0,1832	0,1792	0,1631
3x1x35+70	0,2305	0,2207	0,1977
3x1x70+70	0,1181	0,1165	0,1066
3x1x120+70	0,0706	0,0721	0,0676

Tabela 11: Sistema monofásico – 240/120 – Valores em % para kVAx100m Coeficientes de Queda de Tensão para Cabos de Rede Secundária

ALUMÍNIO SIMPLES CA			
Condutor	FP=1	FP=0,92	FP=0,80
2 fases – e.e=0,252m			
2#4(4)	0,765	0,565	0,679
2#2(4)	0,578	0,370	0,526
2#1/0(4)	0,386	0,246	0,370
2#3/0(2)	0,140		0,173
1 fase – e.e=0,20m			
1#4(4)	1,99	2,005	1,852
1#2(4)	1,569	1,604	1,501
1#1/0(4)	0,981	1,054	1,018

CABOS ISOLADOS DE BT			
Cabos	FP=1	FP=0,92	FP=0,80
2x1x35+70	0,3879	0,3699	0,3308
2x1x70+70	0,1987	0,1949	0,1776

Tabela 12: Sistema Trifásico/Monofásico – 13,8/7,96kV – Valores em % MVAxkm Coeficientes de Queda de Tensão para Cabos de Rede Primária

Alumínio Simples CA			
Condutor	FP=1	FP=0,92	FP=0,80
3 fases – e.e=1,35m			
2	0,536	0,589	0,577
1/0	0,336	0,402	0,411
4/0	0,167	0,241	0,268
336,4	0,105	0,180	0,212
2 fases – e.e=1,85m			
2#4(4)	2,049	2,045	1,882
2#2(4)	1,561	1,590	1,484
2#1/0(4)	1,065	1,129	1,080
1 fase – e.e=1,35m			
1#4(4)	4,661	4,845	4,566
1#2(4)	3,635	3,885	3,727
1#1/0(4)	2,254	2,586	2,587

Cabos – Fase (neutro)	FP=1	FP=0,92	FP=0,80
Cabos Isolados			
3x1x50+9,5mm (2AWG ou 70mm ²)	0,4336	0,4288	0,3929
3x1x120+9,5mm (1/0AWG ou 70mm ²)	0,1710	0,1834	0,1737
3x1x185+9,5mm (1/0AWG ou 70mm ²)	0,1109	0,1264	0,1222
Cabos Cobertos Trifásico			
50(2AWG ou 70mm ²)	0,3898	0,4541	0,3967
150(1/0AWG ou 70mm ²)	0,1298	0,1773	0,1802
240mm ² (1/0AWG ou 70mm ²)	0,0846	0,1209	0,1336
Cabos Cobertos Monofásico			
50(2AWG ou 70mm ²)	1,2298	1,3797	1,3581

Nota

As bitolas em AWG do neutro são para os trechos onde não há rede secundária

Tabela 13: Sistema Trifásico/Monofásico – 22,0/12,7kV – Valores em % MVAxkm Coeficientes de Queda de Tensão para Cabos de Rede Primária

Alumínio Simples CA			
Condutor	FP=1	FP=0,92	FP=0,80
3 fases – e.e=1,35m			
2	0,192	0,211	0,207
1/0	0,121	0,144	0,148
4/0	0,060	0,087	0,096
336,4	0,038	0,065	0,076
2 fases – e.e=1,85m			
2#2(4)	0,556	0,567	0,529
2#1/0(4)	0,381	0,403	0,386
1 fase – e.e=1,35m			
1#2(4)	1,277	1,360	1,309
1#1/0(4)	0,799	0,915	0,916
Cabos Cobertos Trifásico			
Cabos – Fase (neutro)	FP=1	FP=0,92	FP=0,80
50(2AWG ou 70mm ²)	0,1399	0,1629	0,1441
150(1/0AWG ou 70mm ²)	0,0459	0,0637	0,0662

Nota

As bitolas em AWG do neutro são para os trechos onde não há rede secundária

Tabela 14: Sistema Trifásico/Monofásico – 34,5/19,9kV – Valores em % MVAxkm Coeficientes de Queda de Tensão para Cabos de Rede Primária

Cabos Cobertos Trifásico			
Cabos – Fase (neutro)	FP=1	FP=0,92	FP=0,80
70(2AWG ou 70mm ²)	0,0480	0,0513	0,0511
150(1/0AWG ou 70mm ²)	0,0208	0,0273	0,0287

Nota

As bitolas em AWG do neutro são para os trechos onde não há rede secundária

4 ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Os critérios de iluminação pública estão estabelecidos em documento ND-5.35 - Requisitos para o fornecimento de energia elétrica para o serviço público de iluminação pública

5 TELECOMUNICAÇÕES

Deve-se evitar as instalações de transformadores, chaves em geral e aterramento em postes nos quais existam equipamentos de empresas de telecomunicações (armários de distribuição, subidas laterais etc.).

6 REDES EM CONDOMÍNIO

- Os empreendedores devem, ao solicitar o atendimento, apresentar o projeto elétrico de entrada de serviço das unidades consumidoras situadas em edificações de uso coletivo (ou

agrupadas e geminadas) conjuntamente com o projeto arquitetônico do empreendimento (no caso de atendimento na modalidade Cemig) ou com o projeto da rede de distribuição de energia elétrica (no caso de atendimento na modalidade Part);

- b. As redes de distribuição de Média Tensão - MT devem ser do tipo compacta conforme ND-2.9 ou isolada conforme ND-2.7, as redes de distribuição de Baixa Tensão - BT devem ser do tipo isolada conforme ND-2.7 e os ramais de ligação e de entrada devem atender os requisitos definidos nas normas ND-2.7, ND-5.1 e ND-5.2;
- c. Requisitos para a entrada dos circuitos elétricos nos empreendimentos:
- Devido a existência de muros ou cercas ao redor do empreendimento, os circuitos primário e secundário devem atender as distâncias mínimas indicadas na Figura 16. No caso de cercas, telas, grades e concertinas, estas devem ser seccionadas e aterradas conforme os critérios definidos na ND-2.2.
 - O circuito não poderá passar por cima de nenhuma estrutura edificada (inclusive portarias, guaritas e central de gás), parques, áreas para recreação, piscinas e quadras esportivas.
 - Na impossibilidade da entrada do circuito com a rede aérea, deve ser construída a entrada subterrânea (mergulho), conforme a estrutura de transição RDP para RDS indicada na ND-2.9.

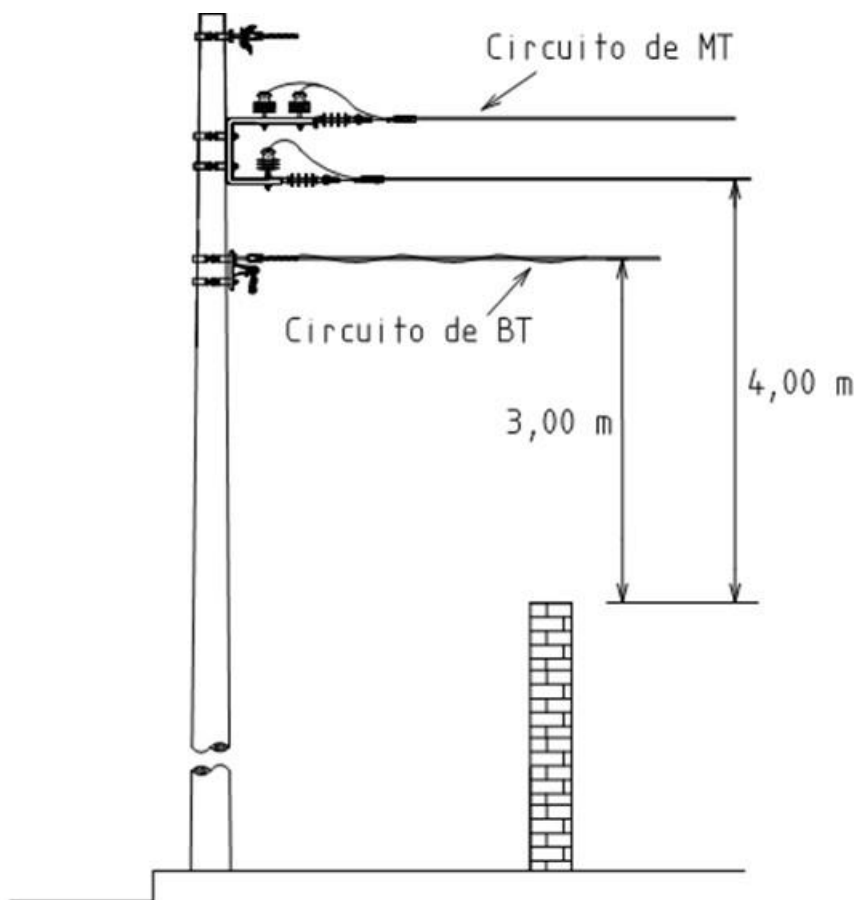


Figura 16: Afastamento vertical mínimo entre circuitos e muros ou cercas de condomínios

7 ATERRAMENTO

Os aterramentos das redes aéreas de distribuição devem obedecer aos seguintes critérios:

- a. O condutor neutro deve ser aterrado a cada 200 metros aproximadamente de rede com o aterramento normal, conforme definido nas normas de instalações básicas.
- b. O condutor neutro deve ser conectado à malha de terra das subestações e não deve ser interrompido.
- c. O aterramento da blindagem metálica da rede isolada deve ser executado com, no mínimo, 3 hastes.
- d. Nos casos de rede compacta e rede isolada de média tensão, o mensageiro e o neutro devem ser interligados nos pontos onde houver aterramento.
- e. Em rede compacta deve ser prevista a instalação de alça estribo com conectores tipo cunha para aterramento temporário:
 - A cada 160 m de rede aproximadamente.
 - Em ambos os lados dos equipamentos de manobra e proteção contra sobrecorrente.
- f. Para os casos de aterramento temporário em estruturas CE3, CE2 e CEJ2 com para-raios, devem ser aproveitados os estribos de ligação destes, dispensando a instalação de pontos de aterramento temporário.
- g. Os para-raios de média tensão devem ser aterrados com, no mínimo, 3 hastes e conectados ao neutro, mensageiro e às carcaças de equipamentos conforme as instalações básicas.
- h. Deve ser previsto a utilização de massa de calafetar para vedar o furo de entrada do cabo de aterramento dos postes de concreto circular, duplo T e PRFV, com a finalidade de impedir a entrada de abelhas e outros insetos.

8 CONEXÃO

As definições de uso e as quantidades de conexões para condutores, para equipamentos e para aterramentos devem ser consultas nas normas de instalações básicas e nas normas de conexão.

As codificações das conexões para lista de material devem ser verificadas no Electric Office.

DIMENSIONAMENTO MECÂNICO

1 POSTEAÇÃO

1.1 Tipo

A Cemig tem padronizado postes de concreto seção circular, duplo T e PRFV. Devem ser utilizados preferencialmente poste de concreto seção circular, observando também as determinações a seguir:

- a. Em expansões de rede (novos loteamentos e condomínios), utilizar poste de concreto de seção circular.
- b. Em casos de trocas de postes, seja para expansão ou por manutenção em área urbana, utilizar postes de concreto seção circular.
- c. Em locais de difícil acesso ou com alto índice de abalroamento, podem ser instalados postes em compósito PRFV.
- d. Não utilizar poste de madeira e DT em projetos de expansão e reforma de rede com substituição de poste.

A Tabela 15 apresenta os postes e contraposte existentes nas redes de distribuição aéreas. Os postes em vermelho e riscados não são mais aplicados em projetos de rede urbana.

Tabela 15: Postes e Contraposte Padronizados e Existentes

Altura	Concreto Circular	DT	Madeira	PRFV Circular
7	-	300	300	-
9	150	150	150	-
	300	-	300	-
	-	-	600	-
10	150	150	150	-
	300	300	300	-
	600	600	-	-
11	300	300	300	-
	600	600	600	-
	1000	-	-	-
12	300	300	300	300
	600	600	600	600
	1000	-	-	-
13	600	300	300	600
	1000	600	600	1000
15	-	600	600	-
16	-	-	-	600
18	-	600	600	600
20	-	-	600	600

1.2 Comprimento

Em projetos de expansão, o poste mínimo a ser projetado deve ser de 11 metros.

Em postes sem previsão de instalação de média tensão (Ex.: final de circuito, becos), o circuito de baixa tensão deverá ser montado no poste a 1,20m do topo do poste e o braço de Iluminação Pública a 1,0 m abaixo da rede secundária.

Postes maiores que 11 metros devem ser utilizados nas seguintes situações:

- a. travessias;
- b. circuitos múltiplos primários;
- c. dois níveis de estrutura primária com chaves;
- d. equipamentos: transformadores, chaves seccionadoras (faca), religadores, banco de capacitores e reguladores de tensão.

Na aplicação dos critérios acima, devem ser observados os padrões estabelecidos nas normas de instalações básicas.

Obs.: Os postes de 9 e 10 metros estão despadronizados na Cemig. Os postes retirados/removidos não devem ser reaproveitados.

1.3 Determinação dos Esforços, Estaiamento, Resistência e Engastamento

1.3.1 Determinação dos esforços de condutores e outros cabos de Telecomunicações

A determinação dos esforços nos postes será feita considerando-se as cargas devido às redes primárias, secundárias, ramais de ligação e outros cabos de Telecomunicações.

As trações de projeto de cada condutor da rede primária, rede secundária, cabos e fios aluminizados são dadas pelas Tabela 16 a Tabela 21.

Os valores de trações de projeto para Telecomunicações devem ser fornecidos pelo ocupante ou ocupantes da faixa.

Os esforços exercidos por todos os condutores e cabos de Telecomunicações devem ser referenciados a 0,20m do topo do poste, conforme Tabela 22

O esforço resultante deve ser calculado nas seguintes situações:

- a. Ângulos;
- b. Fins de rede;
- c. Mudança da seção dos condutores;
- d. Estruturas em situações de arrancamento e compressão;
- e. Mudança de quantidade de condutores;

f. Esforços resultantes dos cabos de Telecomunicações etc.;

A Figura 17 ilustra o cálculo da composição vetorial para alguns casos típicos.

Figura 17: Composição Vetorial dos Esforços

COMPOSIÇÃO VETORIAL DOS ESFORÇOS

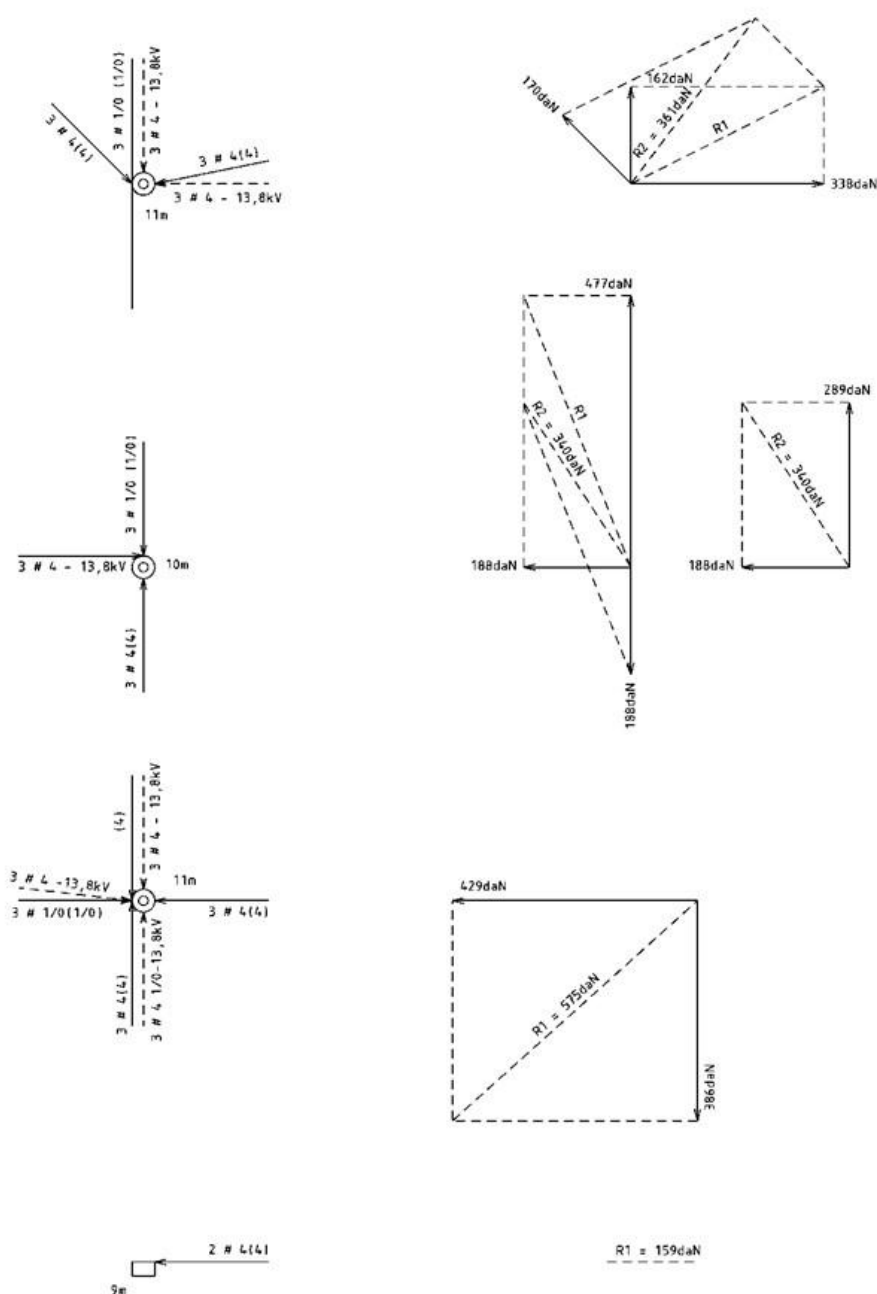


Tabela 16: Trações de Projeto da Rede Convencional – Primária e Secundária

Tipo de cabo	Seção (mm ²)	Seção (AWG)	Tração
CA	21	4	56
	34	2	89
	53	1/0	142
	107	4/0	284
	170	336.4	452
COBRE	13	6	66
	21	4	105
	34	2	168
	53	1/0	270
	67	2/0	340
	107	4/0	541

Nota:

Os valores acima são válidos para vãos até 80m, com exceção do condutor CA 4AWG, cujos valores de tração acima de 50m são dadas na tabela abaixo:

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

Tabela 17: Trações de Projeto da Rede Compacta Trifásica – 15kV e 24,2kV

Vão (m)	15kV			24,2kV	
	XLPE-50 mm ²	XLPE-150 mm ²	XLPE-240 mm ²	XLPE-50 mm ²	XLPE-150 mm ²
	Tração (daN)	Tração (daN)	Tração (daN)	Tração (daN)	Tração (daN)
4 a 20	392,0	490,0	588,0	392,0	493,0
24	392,0	490,0	588,0	392,0	490,0
28	392,0	490,0	588,0	392,0	490,0
32	392,0	490,0	588,0	395,0	495,0
36	392,0	495,0	592,0	404,0	502,0
40	396,0	501,0	598,0	411,0	508,0
44	402,0	506,0	602,0	417,0	512,0
48	408,0	510,0	606,0	422,0	516,0
52	412,0	513,0	609,0	426,0	519,0
56	416,0	516,0	612,0	430,0	521,0
60	419,0	518,0	614,0	433,0	523,0
64	421,0	520,0	615,0	436,0	525,0
68	424,0	521,0	617,0	438,0	527,0
72	426,0	523,0	618,0	440,0	528,0
76	428,0	524,0	619,0	441,0	529,0
80	430,0	525,0	620,0	443,0	530,0
84	431,0	526,0	621,0	444,0	531,0
88	432,0	527,0	622,0	445,0	531,0
92	434,0	527,0	622,0	446,0	532,0
96	435,0	528,0	623,0	447,0	532,0
100	436,0	529,0	623,0	447,0	533,0

Tabela 18: Trações de Projeto da Rede Compacta Trifásica – 36,2kV

Vão (m)	XLPE-70 mm ²	XLPE-150 mm ²
	Tração (daN)	Tração (daN)
4 a 20	493,0	560,0
24	498,0	567,0
28	505,0	576,0
32	511,0	583,0
36	517,0	589,0
40	522,0	594,0
44	527,0	598,0
48	531,0	602,0
52	533,0	604,0
56	535,0	607,0
60	538,0	609,0
64	540,0	611,0
68	541,0	611,0
72	542,0	613,0
76	543,0	614,0
80	543,0	615,0
84	544,0	616,0
88	545,0	616,0
92	545,0	617,0
96	545,0	618,0
100	546,0	619,0

Tabela 19: Trações de Projeto da Rede Compacta Monofásica – 15kV

Vão (m)	XLPE-50 mm ²
	Tração (daN)
4 a 44	245,0
48	245,0
52	246,0
56	248,0
60	250,0
64	252,0
68	254,0
72	255,0
76	257,0
80	258,0
84	259,0
88	260,0
92	260,0
96	261,0
100	262,0

Tabela 20: Trações de Projeto da Rede Primária Isolada

Vão (m)	3x1x50+9,5mm	3x1x120+9,5mm	3x1x185+9,5mm
	Tração (daN)	Tração (daN)	Tração (daN)
4 a 20	343,0	552,0	703,0
24	343,0	552,0	703,0
28	343,0	552,0	703,0
32	348,0	552,0	703,0
36	352,0	552,0	703,0
40	355,0	552,0	703,0
44	357,0	552,0	703,0
48	359,0	552,0	703,0
52	360,0	552,0	703,0
56	361,0	552,0	703,0
60	362,0	552,0	703,0
64	363,0	552,0	703,0
68	363,0	552,0	703,0
72	364,0	552,0	703,0
76	364,0	552,0	703,0
80	365,0	552,0	703,0
84	365,0	552,0	703,0
88	365,0	552,0	703,0
92	365,0	552,0	703,0
96	366,0	552,0	703,0
100	366,0	552,0	703,0

Tabela 21: Trações de Projeto da Rede Secundária Isolada

Vão (m)	2x1x35+70	2x1x70+70	3x1x35+70	3x1x70+70	3x1x120+70
	Tração (daN)	Tração (daN)	Tração (daN)	Tração (daN)	Tração (daN)
4 a 20	103,0	181,0	144,0	245,0	381,0
24	103,0	181,0	144,0	245,0	381,0
28	105,0	181,0	144,0	245,0	381,0
32	112,0	181,0	144,0	245,0	381,0
36	116,0	181,0	148,0	245,0	381,0
40	119,0	181,0	152,0	245,0	381,0
44	122,0	181,0	155,0	245,0	381,0
48	125,0	181,0	159,0	245,0	381,0
52	127,0	181,0	160,0	245,0	381,0
56	128,0	181,0	163,0	245,0	381,0
60	130,0	181,0	164,0	245,0	381,0
64	131,0	181,0	166,0	245,0	381,0
68	132,0	181,0	167,0	245,0	381,0
72	133,0	181,0	169,0	245,0	381,0
76	134,0	181,0	170,0	245,0	381,0
80	135,0	181,0	171,0	245,0	381,0
84	136,0	181,0	172,0	245,0	381,0
88	136,0	181,0	173,0	245,0	381,0
92	137,0	181,0	173,0	245,0	381,0
96	137,0	181,0	174,0	245,0	381,0
100	138,0	181,0	174,0	245,0	381,0

Tabela 22: Equivalência de Esforços a 20cm do Topo do Poste – Fator de Multiplicação

Comprimento do poste	Primário			Rede Secundária	Rede Telefônica	Estai poste a poste			Estai de cruzeta	Ramal de Conexão
	1º nível	2º nível	3º nível			Acima do Sec.	Abaixo do Sec.	A 5m do solo		
9 m	-	-	-	0,96	0,77	1	0,89	0,69	-	0,98
10 m	1	-	-	0,85	0,69	0,88	0,78	0,61	0,88	0,88
11 m	1	0,94	0,89	0,77	0,62	0,79	0,70	0,55	0,79	0,79
12 m	1	0,94	0,89	0,70	0,57	0,72	0,64	0,50	0,72	0,72
13 m	1	0,94	0,89	0,63	0,52	0,66	0,59	0,46	0,66	0,66
15 m	1	0,94	0,89	0,54	0,45	0,57	0,50	0,39	0,57	0,53

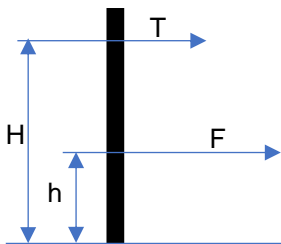
Nota:

Foi considerada a altura média de montagem 7,0m para o secundário, 5,70 para os cabos telefônicos.

1- 0,75/0,80m do topo

2- 1,35/1,40m do topo

Como calcular:



$$T = F \cdot \frac{h}{H}$$

Onde:

F: é a força aplicada pelo cabo;

h: altura do solo em F é aplicada

H: altura do solo em que F será referida

T: força F referida a altura H

1.3.2 Estaiamento e Resistência

Calculado o esforço resultante no poste, devido a tração dos condutores e cabos de telecomunicações aplicados a 0,20m do topo (T), definem-se o tipo de estaiamento necessário e a resistência nominal do poste, procurando-se otimizar o custo do conjunto postes/estais.

Os casos de dimensionamento do poste, engastamento e estai estão exemplificadas no Anexo A.

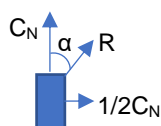
Outras observações devem ser feitas relacionadas com a escolha da resistência do poste, estaiamento e outros aspectos mecânicos:

- a. Cuidados especiais devem ser observados com relação aos postes de concreto DT, devido a sua assimetria na distribuição de esforços. O lado de menor resistência suporta apenas 50% de sua carga nominal.

Para diversas situações de trabalho destes postes, a define os valores das resistências a serem consideradas num determinado ângulo.

Tabela 23: Carga de Utilização de Poste DT

α	φ	R (daN)		
		Cn=150	Cn=300	Cn=600
0	-	150	300	600
5	1,0	149	299	598
10	0,96	139	288	577
15	0,93	134	278	556
20	0,89	129	268	536
25	0,86	125	259	517
30	0,83	116	250	499
40	0,77	108	232	464
50	0,72	100	216	432
60	0,67	93	201	402
70	0,62	87	187	374
80	0,58	87	174	348
90	-	75	150	300



Notas:

- 1- C_N – resistência nominal do poste, na direção a face de maior resistência

R – carga de utilização do poste, na direção a face de maior resistência

α – ângulo que a carga nominal faz com a resistência nominal do poste

ϕ – fator de determinação da carga de utilização

2- Para definição do poste, considere-se somente o momento fletor resistente, dispensando-se o momento de torção. Para isso a carga de utilização deve ser sempre considerada normal ao eixo longitudinal do poste

- a. Em esquinas devem ser utilizados postes de seção circular ou PRFV.

Nota: Poste de esquina é o primeiro poste após o cruzamento de vias urbanas

- b. Em postes de concreto duplo T, os transformadores devem ser instalados no lado de maior resistência do poste, observando-se também os padrões definidos nas normas de instalações básicas.
- c. O poste duplo T deve ser instalado com o lado de maior resistência voltado para a direção da bissetriz do ângulo formado pelos condutores. No caso de haver também derivação na estrutura de deflexão, o alinhamento do poste deve ser definido pelo melhor dimensionamento mecânico.
- d. Quando o valor da resultante no topo ultrapassar a 1.000 daN (utilizando o cabo 336,4 MCM) e não for possível a transferência por estais, a tração deve ser adequadamente reduzida.
- e. Para transições e fim de rede com cabo 170 mm² (336,4MCM), aplicar tração reduzida (70%) na RDA.
- f. Não se aplica tração reduzida em redes compactas e isoladas, inclusive de baixa tensão.
- g. Para a estrutura de transição entre rede convencional e compacta, utilizar o critério definido nas ND's-2.9 e 2.10.
- h. As estruturas de encabeçamento tipo M2, M3, B2 e B3 devem receber estai de cruzeta a poste. Neste caso, o estai deve ser instalado em oposição à fase central e de modo a absorver totalmente o esforço dos três condutores fase. Para as estruturas M3-2, B3-2 e M4, projetar o estai somente se houver diferença de bitola. Quando a diferença de tração na cruzeta for inferior a 75 daN, não é necessário o uso do estai cruzeta-poste.
- i. Quando da utilização de estruturas do primário, em ângulo de 90°, ou que requeira dois níveis de cruzeta, o estaiamento deve ser feito de cruzeta a cruzeta, desde que a configuração do primário o permita.
- j. Não é permitida a instalação de equipamentos (transformador, religador, seccionizador, regulador, capacitor etc.) em estruturas de ângulo ou em postes de esquinas, com

exceção da chave fusível. No caso de ângulo de deflexão menor ou igual a 30°, é permitido desde que seja realizada uma avaliação dos riscos de abalroamento.

- k. Quando o esforço a ser transferido for superior a 700 daN, o cabo de aço do estai deve ser de diâmetro 9,5 mm.
- l. A transferência de esforços por meio de estai poste a poste pode ser realizada de duas formas:
 - Primeiro poste: instalação ao nível do primário; segundo poste: instalação a 100 mm acima do secundário;
 - Primeiro e segundo postes: instalação a 100 mm acima do secundário.
- m. A tração aplicada no estai com cabo de aço de diâmetro 6,4 mm deve ser igual a 75 daN.
- n. O vão regulador entre os trechos ancorados deverá ser calculado pela equação a seguir:

$$V_r = \sqrt[2]{\frac{V_1^3 + V_2^3 + \dots + V_n^3}{V_1 + V_2 + \dots + V_n}}$$

- o. A diferença de tração de projeto entre os vãos adjacentes às estruturas SI1 e I1 deve ser menor ou igual a 30 daN para evitar o escorregamento do cabo no grampo de suspensão.
- p. Nas saídas de SE, a estrutura do primeiro poste na rede deve ser ancorada.
- q. As estruturas de ancoragem de redes isoladas de média tensão devem ter resistências mínimas de 300 daN.
- r. Para novas extensões de rede, os equipamentos devem ser projetados em postes com resistência nominal mínima de 600 daN.
- s. Equipamentos projetados em postes PRFV devem ser instalados em postes de topo circular.
- t. Para posteação existente, os transformadores trifásicos de 30, 45, 75kVA podem ser instalados em postes DT, PRFV ou concreto circular com capacidade nominal mínima de 300daN. Os transformadores de 150 e 300 kVA devem ser instalados em postes PFRV ou concreto circular com capacidade nominal mínima de 600 daN.
- u. Para reformas, reforço ou modificações de rede, havendo a necessidade de troca do poste, os transformadores devem ser instalados conforme itens “r” e “s”.
- v. Em longos trechos de alinhamento de rede, deve -se intercalar estruturas de ancoragem a cada 500m para rede compacta e 300m para rede isolada de MT aproximadamente, visando assegurar maior confiabilidade ao projeto mecânico, além de facilitar a

construção e eventual troca de condutores. No caso da rede isolada, deve-se projetar uma estrutura de seccionamento a cada 900 m (aproximado).

- w. Em estruturas de transição de rede convencional e para rede compacta em poste DT, o lado de maior resistência deve ficar voltado para a rua.
- x. Em estruturas de transição de rede convencional e para rede compacta, usar o estai no lado da rede convencional, se for o caso. Caso o mensageiro trabalhe também como estai (absorver parte dos esforços da rede convencional – ex: cabo coberto 150 mm² de um lado e cabos 170 mm² CA do outro), a estrutura anterior à transição deve ser com o cabo mensageiro ancorado com alças preformadas no poste.
- y. As estruturas de transição não devem apresentar ângulos de deflexão horizontal e/ou vertical.

1.3.3 Engastamento

O engastamento dos postes 11-300 e 12-300 devem ser do tipo profundidade aumentada com profundidade de engastamento igual a 1,80m para que a resistência fique igual 300daN.

Em posteação existente pode ser usado escora de subsolo ou concretagem para conseguir a resistência de 300daN.

A Tabela 24 e a Figura 18 apresentam diretrizes complementares para definição do tipo de engastamento.

Em locais com grande probabilidade de abaloamento do poste, situações temporárias, não utilizar engastamento concretado. Nesses casos, deve ser utilizada escora de subsolo ou profundidade aumentada.

Tabela 24: Engastamento

Esforço Resultante daN (R) ⁽¹⁾	Resistência Nominal	Engastamento Recomendado
Até 300	300	Profundidade 1,80 m ⁽²⁾
301 a 600	600	Preferencialmente profundidade aumentada ou Conc. (d=0,90) ⁽³⁾
601 a 1000	1000	Preferencialmente profundidade aumentada ou Conc. (d=1,30) ⁽³⁾

Notas:

1 – O valor de R corresponde à resultante dos esforços devido a condutores, cabos telefônicos e estai aplicados a 0,20m do topo do poste

2 – Como alternativas podem ser utilizados o engastamento tipo escora de subsolo ou base concretada com d=0,60.

3 – d= diâmetro mínimo da vala para engastamento com base concretada

Alternativamente, o engastamento com base concretada pode ter seção retangular, para os postes de resistência nominal de 600 e 1000daN, com dimensões de 0,70 x 1 e 0,70 x 2,20, respectivamente.

Os desenhos dos engastamentos são apresentados na ND-2.1 e ND-2.4.

Para o poste DT, o esforço resultante deve estar paralelo à resistência nominal do poste. Em caso de ângulo, consultar a tabela 19 para definição do poste.

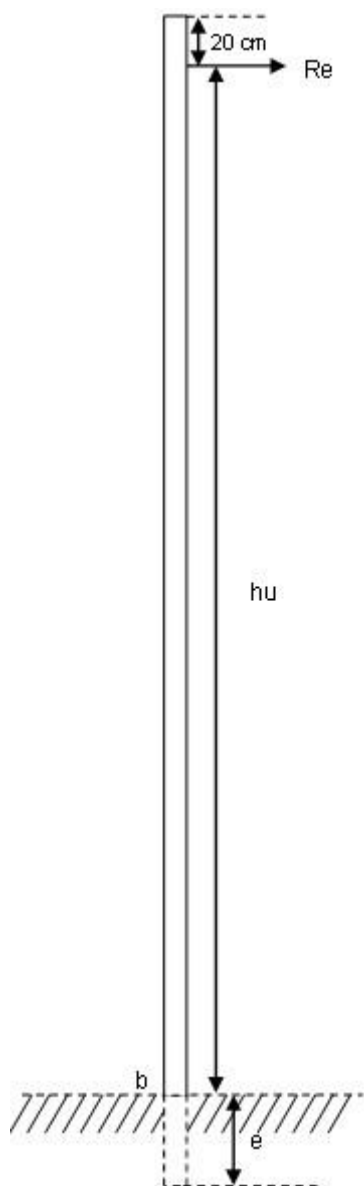
Engastamento com Profundidade Aumentada	
Resistência 300 daN	
Poste Comprimento (m)	Prof. do Engastamento (m)
11	1,80
12	
13	1,90
Resistência 600 daN	
Poste Comprimento (m)	Prof. do Engastamento (m)
11	2,20
12	
13	2,30
15	

Notas:

1 – Este engastamento é alternativo com concretagem de base e se aplica também a poste de concreto DT, retangular.

A utilização de postes de 13m engastado com profundidade aumentada, em substituição ao de 12m com base concretada, deve ser feita apenas em locais com previsão de substituição futura do poste (alta incidência de abaloamento ou reforma.)

2 – O engastamento de resistência 1000daN será com 2,3m com toras. Ver detalhes na ND-2.1.



$$R_e = \frac{c \cdot b \cdot e^3}{hu + e}$$

c=compressibilidade do solo

solo normal=2.000daN/m³

solo rochoso=50.000daN/m³

solo alagadiço=500daN/m³

Re= resistência do engastamento

hu= altura útil do poste

e= profundidade do engastamento

b= diâmetro do poste na parte aflorada

Figura 18: Fórmula para Cálculo de Engastamento com Profundidade Aumentada

2 ESTRUTURAS

A escolha das estruturas, incluindo respectivos índices, é definida de acordo com as normas de instalações básicas, levando-se em consideração os seguintes detalhes:

- Largura do passeio;
- Seção transversal do condutor;
- Ângulo de deflexão horizontal e vertical da rede.

A estrutura de rede em locais com problemas de afastamento de rede deve estar de acordo com as Tabela 25 à Tabela 28.

Tabela 25: Escolha de Estruturas em Função dos Afastamentos Mínimos

OBSTÁCULO		SACADA												JANELA										PAREDE								
		Largura	0,50 m						1,00 m						1,50 m																	
			3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7		8	9	10					
POSTE	LARG. PASSEIO	Primário	M	M	M					M	M	M	B					M	M	M	BE					M	M	M	BE	BE	M	M
1,00 m	Secundário	S	S				S		S	S	S	S					S	S	S	S				S		S	S	S	SA	SA	S	SA
	Primário	M	M	M	BE	BE	BE	BE	M	M	M	M						M	M	M	B					M	M	M	B	B	M	M
1,50 m	Secundário	S	S	SA	SA	SA	S	S	S	S	S	S				S	S	S	S	S				S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	N	N	M	B	B	B	B	M	M	M	M	BE	BE	BE	BE	M	N	N	M					M	N	M	M	M	M	N	M
2,00 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	SA	SA	SA	S	S	S	S	S				S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	N	N	M	M	M	M	M	M	N	N	N	M	B	B	B	M	N	N	M	BE	BE				M	N	M	M	M	N	M
2,50 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	SA	SA	SA	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	M	M	M	B						B	B	B	B			M	M	M	BE						M	M	M	B	B	B	M
1,00 m	Secundário	S	S	S				S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	M	M	M	BE	BE	BE	BE	BE	M	M	M	M	B						S	S	S				S	S	S	SA	SA	S	SA
1,50 m	Secundário	S	S	S	SA	SA	SA	S	S	S	S	S				S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	N	N	M	M	M	M	M	M	N	N	N	M	B	B	B	M	N	N	M	BE	BE	BE	BS	M	M	M	M	M	M	BE	BE
2,00 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	N	N	N	N	N	N	N	N	M	N	N	N	N	B	B	B	N	N	M	BE	BE	BE	BS	M	M	M	M	M	M	M	M
2,50 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	BE	BE	BE	N	N	M	BE	BE	BE	BS	M	M	M	M	M	M	M	
1,00 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	M	M	M	B						B	B	B	B						M	M	M	BE			M	M	M	M	M	BE	BE
1,50 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			M	M	M	M	M	M	M	M
2,00 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N			M	M	M	M	M	M	M	M
2,50 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			M	M	M	M	M	M	M	M
1,00 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			M	M	M	M	M	M	M	M
1,50 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			M	M	M	M	M	M	M	M
2,00 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N			M	M	M	M	M	M	M	M
2,50 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			M	M	M	M	M	M	M	M
1,00 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			M	M	M	M	M	M	M	M
1,50 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			M	M	M	M	M	M	M	M
2,00 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N			M	M	M	M	M	M	M	M
2,50 m	Secundário	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S	S	S	S
	Primário	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			M	M	M	M	M	M	M	M

N – Normal

BE - Beco Especial (2,40m) *

SA – Secundário com Afastador

M – Meio Beco

BS – Beco Especial (2,80m) *

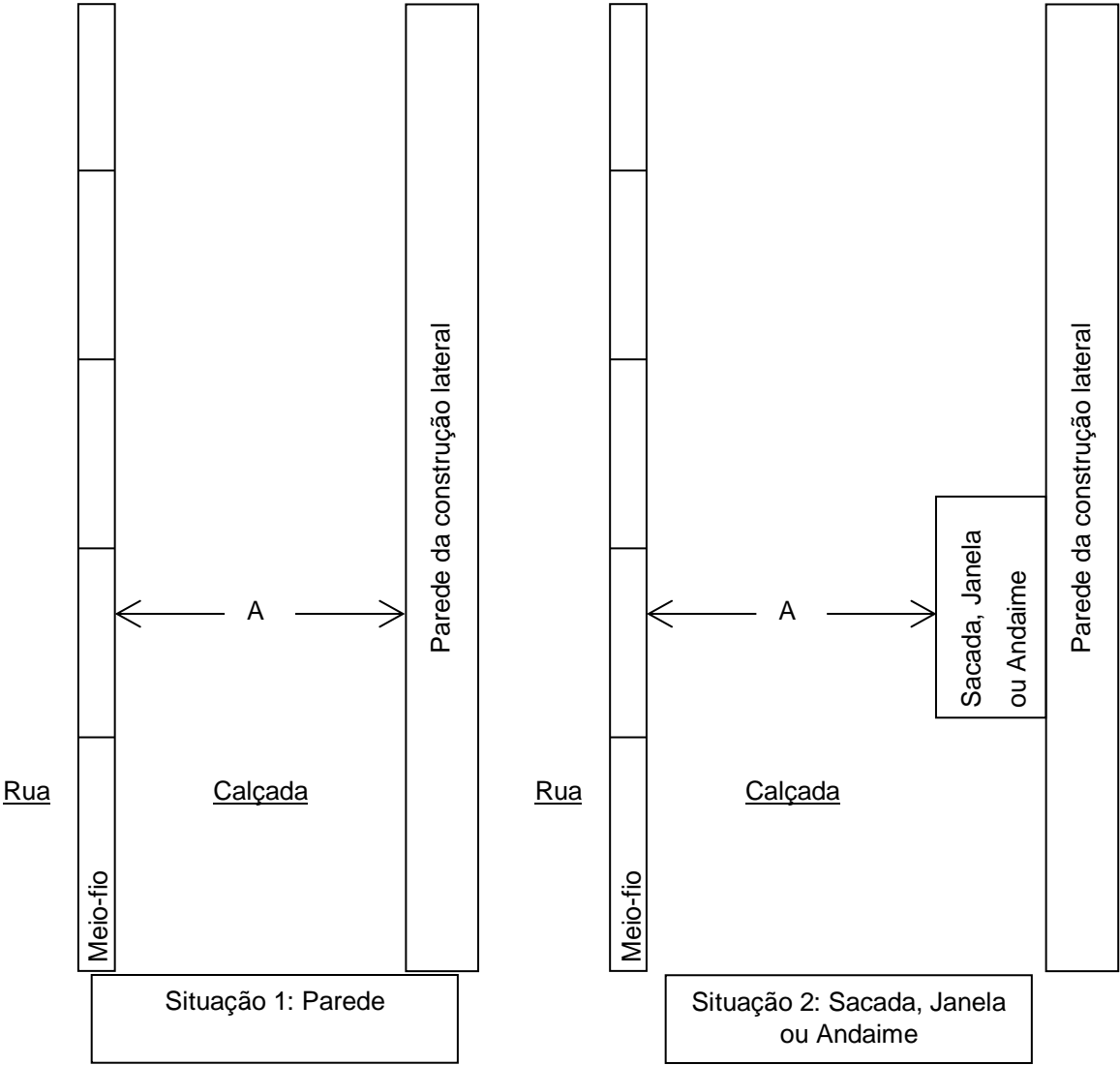
B – Beco

S - Secundário

*Condutores com espaçamento de 400mm.

Tabela 26: Escolha de Estruturas em Função dos Afastamentos Horizontais Mínimos –Rede Isolada de Baixa Tensão

Tipo de Obstáculo	Afastamento medido entre o obstáculo e o meio-fio	Estrutura a ser usada
Parede	$A \geq 0,3\text{ m}$	SI1
	$A \geq 0,4\text{ m}$	SI1, SI3 ou SI4
	$A < 0,3\text{ m}$	SI1 com afastador ou braço J
Sacada, Janela ou Andaime	$A \geq 0,8\text{ m}$	SI1
	$A \geq 0,9\text{ m}$	SI1, SI3 ou SI4
	$A < 0,8\text{ m}$	SI1 com afastador ou braço J



Notas:

- 1) quando não forem atendidos os critérios desta tabela, exigem-se os afastamentos verticais mínimo definidos na ND-2.7.
- 2) a seleção de estruturas foi feita considerando-se a rede instalada do lado da rua.

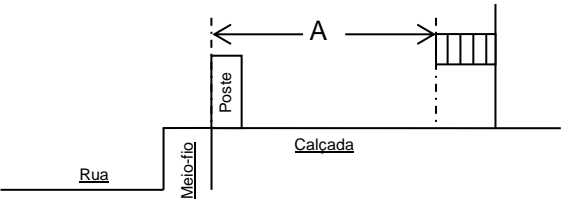
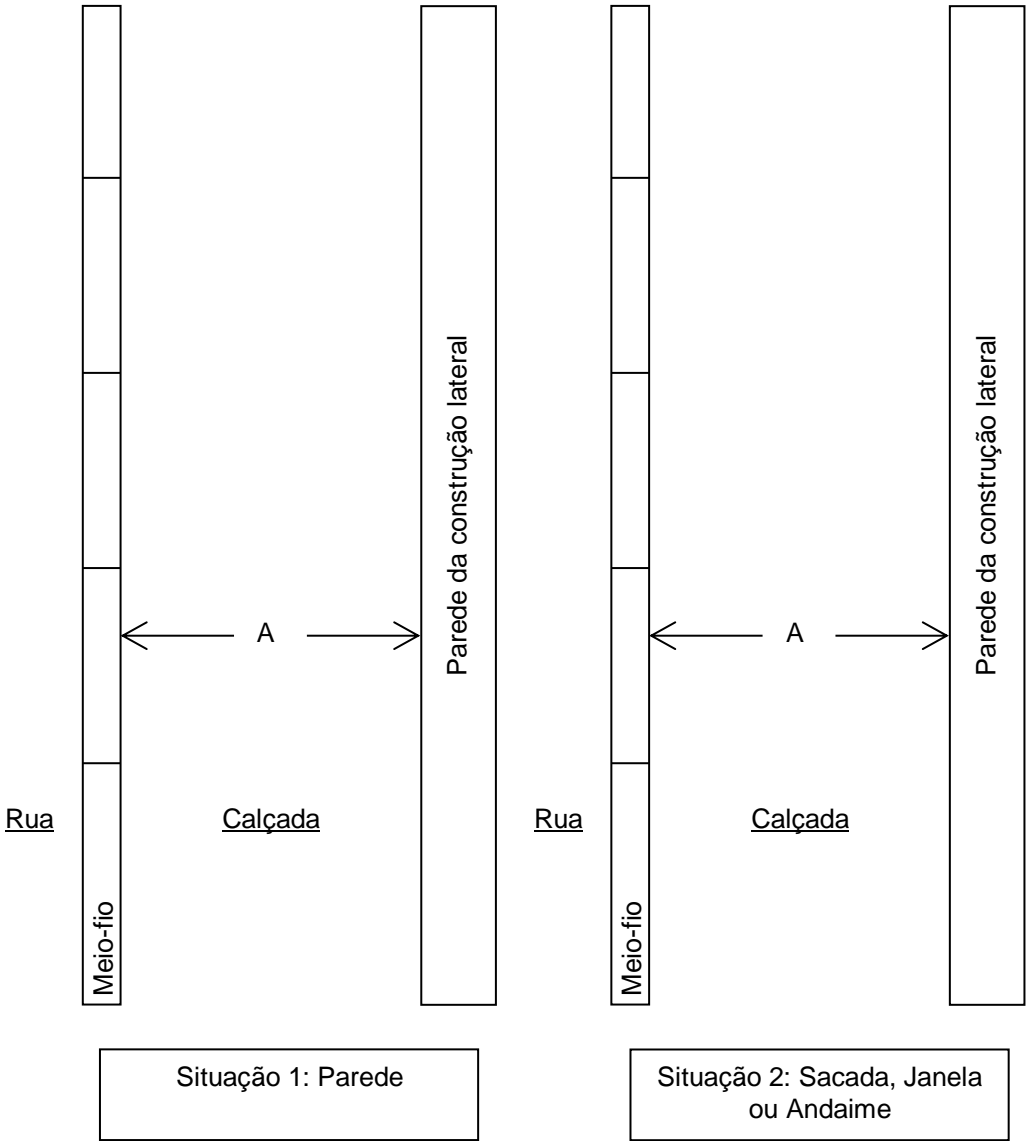


Tabela 27: Escolha de Estruturas em Função dos Afastamentos Horizontais Mínimos – Rede Aérea Isolada 15kV

Tipo de Obstáculo	Afastamento medido entre o obstáculo e o meio-fio	Estrutura a ser usada
Parede	$0,5 \leq A \leq 0,6 \text{ m}$	I1
	$A > 0,6 \text{ m}$	I1, I3 ou I4
	$A < 0,5 \text{ m}$	IJ1
Sacada, Janela ou Andaime	$1,0 \leq A \leq 1,1 \text{ m}$	I1
	$A > 0,9 \text{ m}$	I1, I3 ou I4
	$A < 0,8 \text{ m}$	IJ1



Notas:

- 1) quando não forem atendidos os critérios desta tabela, exigem-se os afastamentos verticais mínimo definidos na ND-2.7.
- 2) a seleção de estruturas foi feita considerando-se a rede trifásica e instalada do lado da rua.

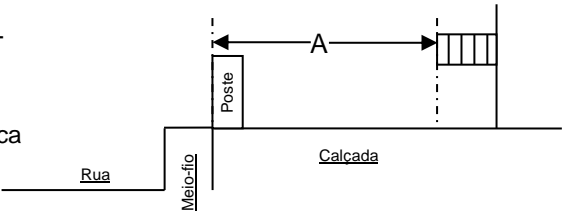
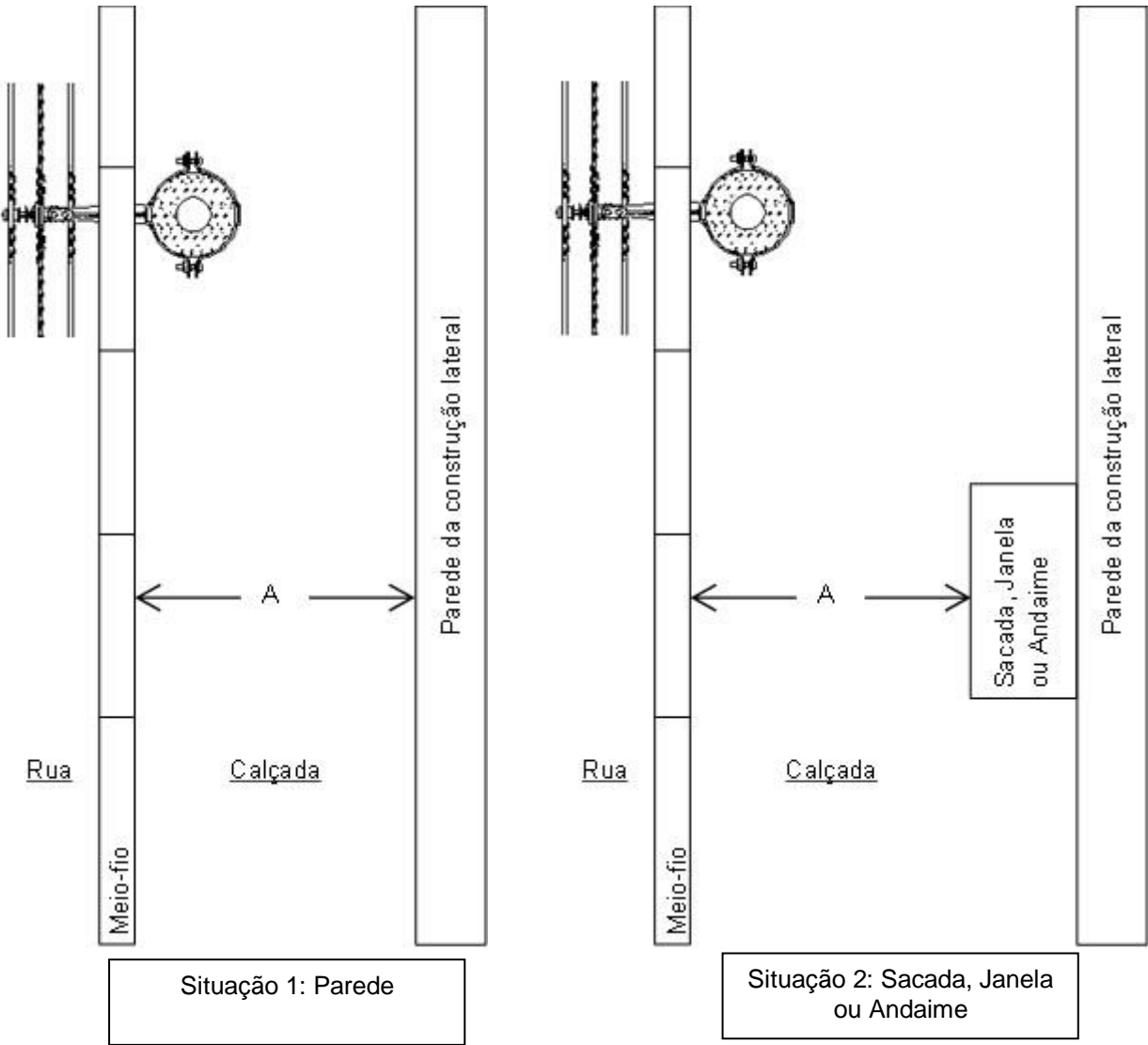
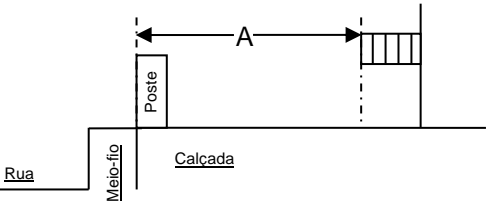


Tabela 28: Escolha de Estruturas em Função dos Afastamentos Horizontais Mínimos – Rede Aérea Compacta 15kV

Tipo de Obstáculo	Afastamento medido entre o obstáculo e o meio-fio	Estrutura a ser usada
Parede	$A \geq 0,8 \text{ m}$	CE1, CE1S, CE2 ou CE4 CM1, CM1S, CM2 ou CM4
	$A < 0,8 \text{ m}$	CEJ1 ou CEJ2 CMJ1 ou CMJ2
	$A \geq 1,75 \text{ m}$	CE1, CE1S, CE2, CE3 ou CE4 CM1, CM1S, CM2, CE3 ou CM4
Sacada, Janela ou Andaime	$A \geq 1,3 \text{ m}$	CE1, CE1S, CE2 ou CE4 CM1, CM1S, CM2 ou CM4
	$A < 1,3 \text{ m}$	CEJ1 ou CEJ2 CMJ1 ou CMJ2
	$A \geq 2,25 \text{ m}$	CE1, CE1S, CE2, CE3 ou CE4 CM1, CM1S, CM2, CE3 ou CM4



- Notas:
- 1) quando não forem atendidos os critérios desta tabela, exigem-se os afastamentos verticais mínimos definidos na ND-2.9.
 - 2) a seleção de estruturas foi feita considerando-se a rede trifásica e instalada do lado da rua.



As estruturas com esforços verticais e horizontais devem estar de acordo com as Tabela 29 à Tabela 38.

Tabela 29: Escolha de Estruturas – Rede Convencional - Ângulos de Deflexão Horizontal – Primário

Bitola do Condutor	N1	N2	N4	N2 – N2	-	N3 – N3
	U1	U2	U4	-	U2 – U3	U3 – U3
4 – 2 AWG	0° – 60°	-	-	61° – 90°	61° – 90°	-
1/0 AWG	0° – 45°	46° – 60°	-	-	-	61° – 90°
4/0 AWG	0° – 20°	21° – 40°	41° – 60°	-	-	61° – 90°
336,4 MCM	0° – 15°	16° – 25°	26° – 60°	-	-	61° – 90°

Obs.: Para as estruturas meio beco e beco devem ser observados os mesmos ângulos



Tabela 30: Escolha de Estruturas – Rede Convencional - Ângulos de Deflexão Horizontal – Secundário

Bitola do Condutor	S1		S2		S3	S4
	P/Fora	P/Dentro	Tangente	Enc. Lat	Enc. Topo	Enc. Topo
4 – 2 AWG	60°	60°	60°	90°	-	90°
1/0 AWG	60°	60°	60°	-	40°	40°
4/0 AWG	35°	60°	60°	-	20°	20°
336,4 MCM	20°	60°	60°	-	10°	10°

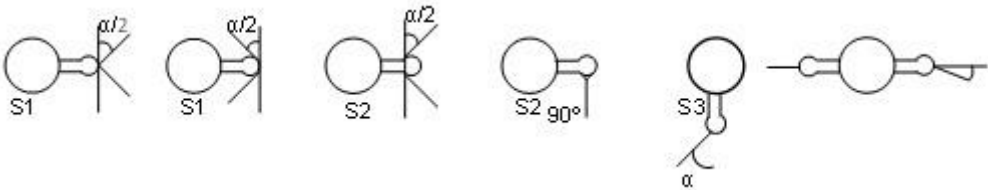


Tabela 31: Escolha de Estruturas – Rede Convencional - Ângulos de Deflexão Vertical – Primário

Bitola do Condutor	Arrancamento e compressão		Compressão - Poste						Compressão da mão francesa ou cruzeta	
			150 daN		300 daN		600 daN	1000 daN		
	1 Pino	2 Pinos	M	B	M	B	M ou B	M ou B	1 Pino	2 Pinos
4 AWG	35°	35°	5°	10°	25°	35°	35°	35°	35°	35°
2AWG	35°	35°	5°	5°	15°	30°	35°	35°	35°	35°
1/0 AWG	30°	35°	-	5°	10°	20°	35°	35°	25°	35°
4/0 AWG	15°	30°	-	-	5°	10°	30°	35°	15°	30°
336,4MCM	10°	20°	-	-	5°	5°	15°	30°	10°	20°

Obs.: No sistema monofásico, considerar só os valores de arrancamento e compressão.

Quando o ângulo vertical for apenas de um dos lados das estruturas, os valores acima devem ser dobrados, respeitando-se, entretanto o limite de 35°.

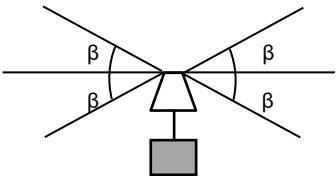


Tabela 32: Escolha de Estruturas de Rede Compacta – Ângulos de Deflexão Verticais Admissíveis em Estruturas com Braço C: CE2 e CE4

Classe de isolamento (kV)	Seção (mm²)	Arrancamento (a graus)		Compressão (a graus)	
		CE2	CE4	CE2	CE4
15	50	0	90	150	150
	150	0	66	90	90
24,2	50	0	90	150	150
	150	0	66	150	150
36,2	70	0	66	150	150
	150	0	66	150	150

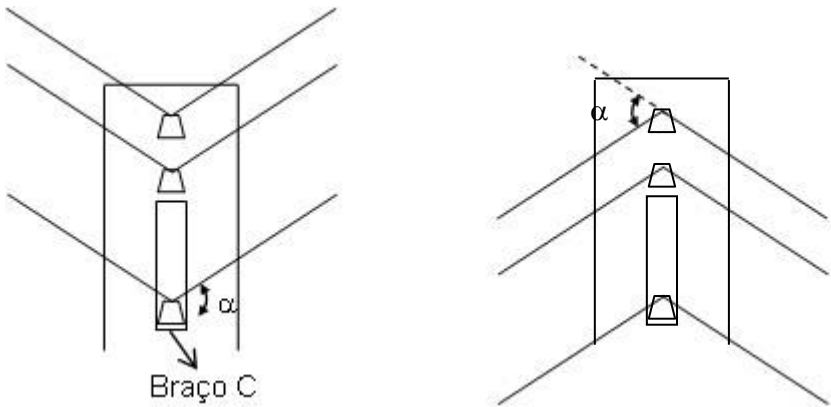


Tabela 33: Escolha de Estruturas de Rede Compacta – Ângulos de Deflexão Verticais Admissíveis em Estruturas com Braço L: CE1, CE1S, CM1, CM1S

Classe de isolamento (kV)	Seção (mm²)	Arrancamento (α graus)	Compressão (α graus)
15	50	0	78
	150	0	58
24,2	50	0	74
	150	0	54
36,2	70	0	56
	150	0	48

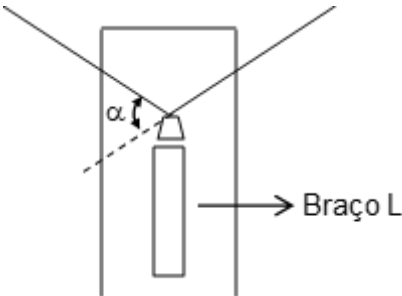


Tabela 34: Escolha de Estruturas de Rede Compacta com Braço J - Ângulos admissíveis (α em graus) para estruturas com esforços de compressão - CEJ1, CEJ2, CMJ1, CMJ2

Classe de isolamento (kV)	Seção (mm ²)	Poste DT			Poste Circular		
		Resistência (daN)			Resistência (daN)		
		150	300	600	150	300	600/1000
15	50	0-10 ⁰			0-10	>10-20	
	150	0-10 ⁰			0-10	>10-16	
	240	0-5 ⁰	>5-10 ⁰	>10-14	0-5 ⁰	>5-14	
24,2	50	0-10 ⁰			0-10	>10-20	
	150	0-10 ⁰			0-10	>10-16	
36,2	70	0-10 ⁰			0-5	>5-16	
	150	0-5 ⁰	>5-10 ⁰	>10-14	0-5	>5-14	

Nota: Não pode haver esforço de arrancamento nestas estruturas

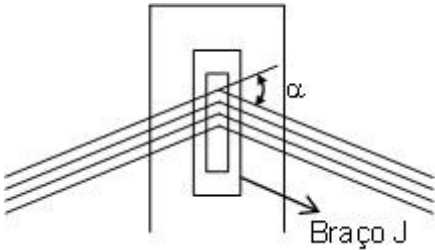
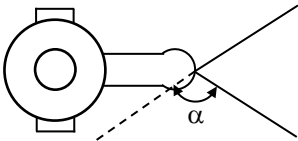


Tabela 35: Escolha de Estruturas de Rede Compacta - Ângulo de Deflexão Horizontal (α) em Graus

Classe de isolamento (kV)	Seção (mm ²)	CE1S/CM1S	CE1/CM1	CE2/CM2	CE4/CM4	CE3-CE3 CM3-CM3	CEJ1/CMJ1	CEJ2/CMJ2
15	50	0 ⁰	6 ⁰	0-60 ⁰	0-90 ⁰	a>90 ⁰	0 ⁰	0-60 ⁰
	150	0 ⁰	6 ⁰	0-60 ⁰	0-90 ⁰	a>90 ⁰	0 ⁰	0-60 ⁰
	240	0 ⁰	6 ⁰	0-60 ⁰	0-90 ⁰	0-90 ⁰	0 ⁰	0-60 ⁰
25	50	0 ⁰	6 ⁰	0-60 ⁰	0-90 ⁰	a>90 ⁰	0 ⁰	0-60 ⁰
	150	0 ⁰	6 ⁰	0-60 ⁰	0-90 ⁰	a>90 ⁰	0 ⁰	0-60 ⁰
35	70	0 ⁰	6 ⁰	0-60 ⁰	0-90 ⁰	a>90 ⁰	0 ⁰	0-60 ⁰
	150	0 ⁰	6 ⁰	0-60 ⁰	0-90 ⁰	a>90 ⁰	0 ⁰	0-60 ⁰

Nota: O ângulo α pode ser externo e interno.

Ângulo de Deflexão Externo



Ângulo de Deflexão Interno

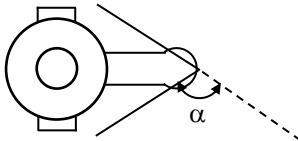


Tabela 36: Escolha de Estruturas - Rede Isolada de Média Tensão 15kV - Ângulos (α em graus) Admissíveis para Esforços Verticais – Estrutura com Braço J: IJ1

Cabo	Compressão						Arrancamento
	Poste DT			Poste Circular			
	Resistência (daN)						
	150	300	600	150	300	600/1000	
3x1x50+9,5	0 – 10		> 10-20	0 - 10	> 10-20		16
3x1x120+9,5	0 – 10		> 10-15	0 - 5	>5-15		10
3x1x185+9,5	0 – 5		> 5-12	0 - 5	> 5-12		8

Nota: Quando houver arrancamento, instalar o cabo de aço na cavidade inferior do conector do braço J.

Tabela 37: Escolha de Estruturas - Rede Isolada de Média Tensão 15kV - Ângulo de Deflexão Horizontal (α) em Graus – Estrutura I1

Cabo	Código	Ângulo de Deflexão Interno	Ângulo de Deflexão Externo
3x1x50+9,5	231712	30°	90
3x1x120+9,5	231712	30°	80
3x1x185+9,5	231712	30°	40

Nota: Item 2 do DP-02.118-Cemig-667c

Tabela 38: Escolha de Estruturas - Rede Isolada de Baixa Tensão - Ângulo de Deflexão Horizontal (α) em Graus – Estrutura S1

Cabo	Código	Ângulo de Deflexão Interno	Ângulo de Deflexão Externo
2x1x35+70	214619 ¹	30°	90°
2x1x70+70	214619 ¹	30°	90°
3x1x35+70	214619 ¹	30°	90°
3x1x70+70	231712 ²	30°	90°
3x1x120+70	231712 ²	30°	90°

Nota:

1 - Item 1 do DP-02.118-CEMIG-667c

2 - Item 2 do DP-02.118-CEMIG-667c

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para maiores detalhes sobre o dimensionamento de estruturas, estaiamento e engastamento de postes, consultar as normas de instalações básicas e o ED-2.9.

LEVANTAMENTO DA CARGA E DETERMINAÇÃO DE DEMANDAS E POTÊNCIA INJETADA

1 GERAL

Esta etapa consiste na determinação das demandas dos consumidores já ligados à rede e a previsão de demanda de novos consumidores, de modo a possibilitar o dimensionamento dos transformadores, da rede secundária (BT) e primária (MT).

2 LIGAÇÃO DE NOVOS CONSUMIDORES À REDE EXISTENTE

2.1 Rede Secundária

Deve ser realizado de acordo com o POP EXP-34 – Análise de Carga na Rede. Utilizar a Tabela 39 como referência para auxiliar no reequilíbrio da BT.

Tabela 39: Demanda Diversificada Residencial (kVA)

Número de Consumidores no Circuito	Faixa de Consumo			
	Baixo	Médio	Alto	Altíssimo
1 a 5	0,35	0,70	1,38	4,62
6 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

Em análise de ligação de usinas de Microgeração Distribuída (microGD) em transformadores compartilhados, as equipes responsáveis pelas análises devem limitar o total das potências instaladas das usinas do transformador a 150% da potência nominal do transformador.

Para transformadores exclusivos (um único usuário), a liberação de usina geração distribuída deve ser limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora com GD, de acordo com as faixas de fornecimento previstas nas normas ND-5.1, ND-5.2 atuais.

Os cálculos de tensão, fluxo de potência e desequilíbrio devem ser realizados respeitando os limites de tensão e carregamento da rede de distribuição. A liberação das conexões deve ser condicionada à não identificação de impactos na análise de fluxo de potência ou à definição de obras para mitigar os impactos detectados.

2.2 Rede Primária

Para consumidores individuais, com potência instalada superior a 75kW, atendidos em média tensão, a demanda a ser considerada durante a análise é a demanda contratada pelo cliente.

Esse tipo de ligação é analisado pela área de planejamento da Cemig, considerando os critérios de carregamento, queda de tensão estabelecidos no capítulo de Dimensionamento Elétrico.

3 REDES NOVAS

3.1 Rede Secundária – Loteamentos Residencial e Condomínios Fechados Horizontais

Os transformadores de rede e a rede secundária devem ser dimensionados considerando os valores de demanda, em kVA, da Tabela 40.

Tabela 40: Demanda por lote

Tamanho do Lote	Loteamentos (kVA)	Condomínios Fechados Horizontais (kVA)
Até 400m ²	1,0	1,5
400 a 600m ²	1,5	2,0
Maior que 600m ²	2,0	3,0

Os critérios de carregamento, queda de tensão, extensão da rede secundária estão estabelecidos no capítulo de Dimensionamento Elétrico.

Esses valores de demanda devem ser utilizados em empreendimentos novos.

3.2 Rede Secundária – Edificações Coletivas

Para o dimensionamento de transformadores exclusivos, adotar os seguintes procedimentos:

a. Edifícios residenciais

A demanda para o dimensionamento do transformador deve ser calculada de acordo com os critérios da ND-5.2. A demanda do condomínio deve considerar os elevadores, bombas de água e outras cargas comuns do condomínio.

b. Edifícios comerciais

A demanda para o dimensionamento do transformador deve ser calculada de acordo com os critérios da ND-5.2. A demanda do condomínio deve considerar os elevadores, bombas de água e outras cargas comuns do condomínio.

c. Outros consumidores

Unidades consumidoras com demanda entre 75kVA e 327kVA devem apresentar formulário de análise carga preenchido.

Unidades consumidoras acima de 327kVA devem apresentar projeto elétrico.

Para unidades consumidoras com cargas instaladas acima de 50kW (postos de gasolina, agência bancárias, padarias, hotel, salão de festas etc.), o cliente deve fornecer a demanda máxima.

3.3 Rede Primária

O cálculo da demanda para efeito de dimensionamento da rede primária é realizado por meio da soma das curvas de carga dos transformadores ligados à rede.

RELAÇÃO DE MATERIAIS E DE SERVIÇOS PARA O ORÇAMENTO

1 GERAL

A elaboração do orçamento, para projetos de redes de distribuição e de sistemas de medição, é realizada por meio de sistema computacional que utiliza arranjo codificado (kit ou unidade compatível), e fornece a relação de material e de serviço.

Quanto ao tipo, o orçamento para o projeto da rede de distribuição ou de sistemas de medição podem ser:

- a) Estimado: é aquele que utiliza valores médios, calculados a partir de custos de obras com características semelhantes e já realizadas, sendo que para atendimento aos consumidores urbanos leva em consideração não apenas a extensão, mas também as possíveis modificações na rede existente;
- b) Prévio: é aquele que contém a relação de todas as obras a serem executadas, com os materiais e os serviços necessários para o atendimento aos consumidores urbanos.

Os orçamentos são compostos por:

- custos de material, quais sejam
 - material principal: correspondem aos materiais registrados contabilmente como unidade de cadastro ou unidade de adição e retirada,
 - componentes menores: correspondem aos demais materiais não registrados contabilmente como unidade de cadastro ou unidade de adição e retirada,
- custos adicionais: correspondem aos serviços próprios e/ou de serviços de terceiros para
 - projeto,
 - frete e transporte,
 - montagem,
 - fiscalização,
 - gerenciamento,
 - suporte.

Na elaboração de orçamento, os custos são classificados no sistema Eletric Office conforme descrito acima, e são discriminados no sistema SGO em administração, mão-de-obra e serviços contratados.

2 CUSTOS DE MATERIAIS

2.1) Material a instalar

Para a composição do orçamento, devem ser relacionados no projeto todos os materiais a serem instalados durante a execução da obra.

Os seguintes pontos devem ser observados:

- a) a relação de materiais padronizados por tipo de estrutura, primária e secundária, e por tipo de equipamento a montar, conforme as normas ND-2.1, ND-2.4, ND-2.7, ND-2.9 e ND-2.10;

Observação: para cabos condutores, acrescentar 3% para cabos nus e 5% para cabos cobertos ou isolados em relação ao comprimento total linear do vão, para a montagem de estruturas, conexões e flexas.

- b) os materiais necessários para a concretagem de base em poste e para a recomposição de passeio não devem ser relacionados, sendo estes custos orçados como serviços;
- c) orçar massa de calafetar para vedação dos buracos, utilizados para passagem do cabo terra, em postes de concreto.

2.2) Material a retirar

São materiais a retirar da rede, durante a execução da obra, e que deverão ser devolvidos ao almoxarifado, a saber:

- a) materiais aproveitáveis– são materiais em bom estado de conservação e que poderão ser reutilizados em outras obras, após serem reincorporados ao estoque.
- b) materiais não aproveitáveis– são materiais que não apresentam condições de reutilização e que serão alienados como sucata por definição do almoxarifado:
- sucata de CA nu;
 - sucata de CA coberto;
 - sucata de CA isolado;
 - sucata de CAA;
 - sucata de cobre nu;
 - sucata de cobre isolado;
 - sucata de ferro (cinta, parafuso, armação, sela, etc.);
 - sucata de madeira (cruzeta, contraposte, poste);
 - sucata de porcelana (isoladores);
 - sucata de plásticos (amarrações, isoladores poliméricos, fitas isolantes, etc.);
 - sucata de poste de concreto;
 - sucata de poste de aço;
 - sucata de equipamentos (para-raios, chave faca, chave fusível, transformador, religador, regulador).

Observação: para cabos condutores, acrescentar 2% em relação ao comprimento total linear do vão, para retiradas de conexões e flexas.

Todos os materiais a retirar devem ser orçados através do código de material a instalar, indicando-se a aplicação do mesmo como “usado” no sistema PROORC ou retirar no sistema Electric Office, utilizando-se a mesma unidade do material na instalação e na retirada.

Não devem ser considerados os materiais de difícil retirada, como haste de aterramento, cabo de aço para aterramento, conector de perfuração, conectores etc.

3 CUSTOS DE SERVIÇOS

Os custos de serviços devem refletir as necessidades da obra e serem estritamente relacionados a ela, não sendo permitido a alocação de serviços que não possam ser justificados para este fim.

A lista de serviço deve ser separada em lista de serviços para instalar material e lista de serviço para retirar material. A depender do sistema utilizado para a elaboração das listas, a classificação dos serviços pode alterar, conforme a Tabela 41.

Tabela 41: Classificação de serviços no Atlantis e no PROORC

Classificação do serviço	Sistema Electric Office				Sistema PROORC			
	Serviço próprio para instalar material	Serviço próprio para retirar material	Serviço de terceiro para instalar material	Serviço de terceiro para retirar material	Serviço próprio para instalar material	Serviço próprio para retirar material	Serviço de terceiro para instalar material	Serviço de terceiro para retirar material
Projeto	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
Frete e transporte	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
Montagem	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
Fiscalização	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
Gerenciamento	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
Suporte	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
Administração	-	-	-	-	✓	✓	-	-
Mão-de-obra própria	-	-	-	-	✓	✓	-	-
Serviços contratados	-	-	-	-	-	-	✓	✓

3.1 Definições

3.1.1 Custos de projeto

Representam os custos necessários e suficientes projetar a obra, elaborado com base nas indicações de estudos que assegurem a viabilidade técnica, adequado tratamento ambiental, orçamentação e definição de métodos de execução e prazos, incluído as atividades de levantamento de campo, levantamento topográfico, levantamento ambiental, orçamento, análise

de fornecedores, aprovação de estudos e projetos, estudos ambientais, elaboração de projetos elétricos, mecânicos, civis, ambientais e de georreferenciamento.

3.1.2 Custo de frete e transporte

Representam os custos de transporte entre os almoxarifados e entre o almoxarifado e o canteiro de obras.

3.1.3 Custos de montagem

Representam os custos de construção ou montagem de redes e de equipamentos, e os custos para comissionamento. Os custos de desmontagem são classificados neste custo.

3.1.4 Custos de fiscalização

Representam os custos de atividades de inspeção e acompanhamento em campo da obra, com finalidade de verificar conformidade com especificações técnicas e normas, e garantir a adequada documentação e atualização da obra. O encerramento técnico da obra e a atualização da base cadastral estão classificados neste custo.

3.1.5 Custos de gerenciamento

Representam os custos de atividades associadas à organização, gestão e controle dos recursos organizacionais (físicos, humanos e tecnológicos) com objetivo de executar as obras.

3.1.6 Custos de suporte

Representam os custos acessórios e auxiliares necessários a realização das obras, alocados nas estruturas organizacionais relacionadas diretamente com as obras, sendo vinculadas as atividades de projeto, gerenciamento, montagem e fiscalização.

3.1.7 Custos de administração

Representam os custos de gerenciamento próprio, de suporte próprio e de frete próprio, abrangendo custos de engenharia, planejamento, gestão e controle, gestão de material, relacionados à obra.

3.1.8 Custos de mão-de-obra própria

Representam os custos de projeto próprio e de fiscalização própria, abrangendo custos de gestão de projetos, comissionamento, fiscalização, relacionados à obra.

3.1.9 Custos de serviços contratados

Representam os custos de projeto e de construção ou montagem, serviços de terceiros, necessários à execução da obra. Incluem-se neste caso, os serviços de elaboração do projeto, topografia e execução da obra.

Os custos de serviços contratados são referenciados em unidade de serviços (US) que é o grau de composição de atividades, envolvendo mão de obra, material e equipamento, que

tendo a finalidade de concorrer para o objeto de serviço, seja representativo do mesmo. É, portanto, a unidade básica de valor de serviço contratado para medição de diversas atividades de execução de obras de redes de distribuição.

O valor da unidade de serviço (US) deverá abranger todos os custos ligados à execução de responsabilidade da empresa contratada, desde custos ligados a pessoal (mão de obra, encargos sociais), transporte de materiais até reparos e indenizações a terceiros.

Para cada especialidade de serviço, na execução de uma obra de rede de distribuição, a unidade de serviço corresponde a uma atividade tomada como padrão, sendo as demais referenciadas a esta. Sendo assim:

US Construção: corresponde a soma dos valores das atividades instalar o poste, instalar baixa tensão, instalar média tensão em área urbana nos padrões atuais e com grau de dificuldade médio.

US Projeto: corresponde ao valor de serviço de projeto completo de um poste, em RDU, com as convenções de seus componentes e de suas fases de execução, incluindo-se todos os custos ligados a esta elaboração de responsabilidade da empreiteira.

US Topografia: corresponde ao valor do serviço de levantamento topográfico planialtimétrico completo de um quilômetro (1 km) em área rural, com os cálculos estadimétricos, desenhos em mapa chave e perfil além das tabelas de distância progressiva das estacas, incluindo-se todos os custos ligados a esta execução, de responsabilidade da empresa contratada.

3.2 Remuneração dos serviços de terceiros

O cálculo da remuneração dos serviços de terceiros é realizado com a alocação dos diversos tipos de serviços previstos para executar a obra, nas listas de serviços para instalar material e serviços para retirar material, com base nas unidades de serviços (US) constantes no anexo B, onde estão contidas tabelas para fatores modularizados de construção de RDU. A remuneração pela tabela de fatores complementares de RDU deve se dar apenas quando no orçamento inicial não se previu tal serviço ou quando houver necessidade de alterações no projeto após o envio para a construção.

Os valores do anexo B são apenas referenciais, e os valores exatos devem ser obtidos diretamente nos contratos vigentes.

4 PROJETO E ORÇAMENTO EM ESTRUTURA COM USO DE REDE DE TELECOMUNICAÇÃO

Na elaboração de projetos de expansão, reforma e reforço de rede de distribuição urbana, que impliquem utilização mútua com as empresas de telecomunicações, devem ser tomadas providências e/ou cuidados a saber:

- a) Em casos de projetos de extensão de rede em área com posteação existente de empresas de telecomunicações, deve ser analisada a possibilidade de aproveitamento dos postes na sua localização, comprimento e resistência. Caso seja conveniente a utilização, mesmo com algumas adequações, o projeto deve ser encaminhado às empresas de telecomunicações e feita a incorporação dos postes ao ativo da CEMIG.
- b) Em projetos de expansão, reforma e reforço de rede, que impliquem remoção/substituição de postes equipados com rede telefônica, de telecomunicações ou de TV a cabo, observar o seguinte:
 - Quando o motivo do projeto for para atender à Cemig ou a clientes de interesse da Cemig, deve ser enviada cópia do projeto para a(s) empresa(s) de telecomunicação(ões) envolvida(s), apenas para que tome(m) conhecimento da futura obra, não devendo ser solicitado orçamento;
 - Em caso de projetos para atender exclusivamente a solicitação(ões) de cliente(s) e ou futuro(s) cliente(s) (retirar poste defronte garagem, fachada de prédios etc.), deve ser elaborado um anteprojeto pela Cemig e apresentado à(s) empresa(s) de telecomunicação(ões) envolvida(s) apenas para que tome(m) conhecimento da futura obra, não devendo ser solicitado orçamento.
 - Em caso de projeto para atender à solicitação(ões) de uma empresa de telecomunicação(ões), deve ser enviado um anteprojeto pela Cemig para a(s) empresa(s) de telecomunicação(ões) envolvida(s), para que esta(s) apresente(m) seu orçamento, se for o caso. Nestes casos, compete ao interessado da obra primeiramente negociar e pagar o orçamento (quando for o caso) à(s) empresa(s) de telecomunicação(ões) e, somente após isto feito, negociar e pagar à Cemig.

APRESENTAÇÃO DO PROJETO

1 GERAL

Os seguintes documentos fazem parte de um projeto:

- desenho do projeto, conforme seção 2 deste capítulo;
- relação de material e orçamento, conforme capítulo desta norma;
- documentação/memória de cálculo elétrico e mecânico;
- quando for o caso, desenhos e informações complementares (desenho chave do projeto, travessias, desenhos especiais etc.), conforme seção 4 deste capítulo.

2 DESENHO DO PROJETO

2.1 Escala

Deve ser usada a escala 1:1000. Casos extraordinários urbanos (praças, vãos pequenos com equipamentos) pode ser usada a escala 1:500.

Projeto para atender órgãos federais, estaduais e municipais (DNIT, DER, ANTT, Ferrovias, Transmissoras, Marinha, Aeronáutica, Capitania dos portos, Cidades Históricas, IPHAN etc.) deve ser usado escala indicada por esses órgãos.

2.2 Simbologia

Deve ser usada a simbologia do Electric Office, de acordo com o documento IT-EO-008_Simbologia_EO.

2.3 Formatos

Os projetos devem ser apresentados em formatos padronizados pela ABNT (A1, A2, A3 e A4), com todos os detalhes necessários à construção.

O Anexo C ilustra alguns detalhes construtivos.

2.4 Numeração

O número do projeto será fornecido pela Cemig D em função do sistema vigente na época. Na data de publicação da Norma, a numeração é igual a Nota de Serviço (NS) aberta para atendimento a solicitação. Consiste em um número com 10 dígitos.

2.5 Detalhes Constantes

2.5.1 Dados topográficos

Os correspondentes ao mapa do local georreferenciado.

2.5.2 Rede de distribuição

Devem constar do desenho do projeto todos os detalhes calculados nos Capítulos “Dimensionamento Elétrico” e “Dimensionamento Mecânico”, ou seja:

- Especificação de afastadores;
- Especificação de estaiamento e/ou concretagens;
- Indicação de postes de Telecomunicações;
- Número de fases e potência de transformadores;
- Número de fases, seção e tensão do primário;
- Indicação de fase para ligar transformador monofásico em circuito trifásico;
- Sequência de fases do primário.
- Especificação das fases, quando os circuitos não estiverem completos, tanto para o primário quanto para o secundário;
- Número de fases e seções do secundário e neutro;
- Tipo e potência de lâmpadas;
- Tipos de braço e fases da IP;
- Especificação das fases dos ramais de ligação e as fases que atendem à unidade consumidora;
- Corrente nominal das chaves fusíveis;
- Especificação do elo fusível;
- Corrente nominal de chaves seccionadoras e indicação de operação (NA e NF);
- Tipo de equipamentos;
- Para-raios e aterramento;
- Potência de reguladores de tensão;
- Potência de banco de capacitores;
- Indicação e especificações especiais;
- Notas que se fizerem necessárias;
- Título e número do projeto;

- Numeração de equipamentos, de acordo com reserva e empenho no “Matrícula” do Electric Office.
- Indicar o encabeçamento e o lado que o neutro tangencia no poste;
- No caso de rede particular, informar os dados dos cabos MT e neutro, após o ponto de entrega (a chave fusível numerada);
- Informar tipo de caixas de passagem (subterrâneas) e as dimensões dela;
- Em seccionamento de circuitos de BT, indicar qual o circuito está ligado aos clientes e a IP;
- Em caso de estai com contraposte informar as características do contra poste;
- Incluir no projeto em detalhe o ponto de mudança de nível (perfil);
- Tipo de poste e estrutura.
- Vão regulador

Obs.: Os postes devem ser numerados em sequência começando com número 1. Os vãos também serão numerados conforme metodologia do Electric Office.

2.6 RELAÇÃO DE MATERIAIS E ORÇAMENTO

Devem ser preparados para todos os projetos, de acordo com os critérios descritos em “RELAÇÃO DE MATERIAIS E DE SERVIÇOS PARA O ORÇAMENTO”.

2.7 DESENHOS E INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

2.7.1 Desenho Chave do Projeto

a. Critérios para Elaboração

Devem ser preparados nos seguintes casos:

- Projetos de novas localidades com área superior a 0,4 km².

Neste caso, o desenho chave já deve coincidir com a Planta da Rede Primária.

- Projetos que envolvam área superior a 1 km², com grande incidência de interligações e necessidade de manobra.

O objetivo básico do desenho chave é dar uma visão de conjunto ao projeto da rede primária.

b. Formatos e Escala

Os projetos devem ser apresentados em formatos padronizados pela ABNT, preferencialmente a escala 1:1.000.

c. Simbologia

Deve ser usada a simbologia apresentada no Electric Office.

d. Numeração

Deve ter o mesmo número do desenho do projeto.

e. Dados a constar

Devem constar do desenho chave os seguintes dados:

(1) Rede de distribuição

- Diagrama unifilar da rede primária, com os seguintes dados:
 - Número de fases e potência do transformador.
 - Número de fases e seção transversal do primário.
 - Sequência de fases do primário.
 - Especificação das fases do primário, quando os circuitos não estiverem completos.
 - Derivação para consumidores atendidos em MT.
 - Corrente nominal das chaves fusível de ramais.
 - Especificação do elo fusível de ramais.
 - Corrente nominal de chaves seccionadoras e indicação de operação (NA ou NF).
 - Tipo de religadores e seccionalizadores;
 - Potência do regulador de tensão.
 - Banco de capacitores.
 - Indicação e especificação especial.
 - Notas que se fizerem necessárias.
 - Título e número do projeto;
 - Numeração de equipamentos, de acordo com reserva e empenho no G-DIS.

- Interferências externas identificadas no levantamento de campo.
- Cruzamentos de redes

2.7.2 Travessias

Devem ser preparados os detalhes relativos a projetos de travessias sempre que estas ocorrerem sobre rodovias federal ou estadual; ferrovias estaduais, federais ou particulares; rios, lagos e represas; travessias sob linhas de transmissão; travessias com redes de telecomunicações, e outros.

Os principais critérios e procedimentos para a elaboração de projetos de travessias, incluindo os aspectos da definição da faixa de domínio da travessia, a legislação e convênios em vigor, o projeto mecânico de estruturas, a apresentação do projeto e procedimentos para aprovação do projeto constam do relatório 02.111-EG/RD-3202 – Critérios e Procedimentos para Elaboração de Projetos de Travessias, AD/ES-3003 - Travessia de linhas de distribuição ou transmissão de outras concessionárias sobre as redes de distribuição até 36,2 kV da Cemig Distribuição e normas e instruções das concessionárias.

Devem ser observados os critérios complementares para sinalização de redes de distribuição definidos em 02.111-ED/CE-0032. Essa sinalização é necessária, por exemplo, nas travessias da rede sobre rodovias, ferrovias, dutos, rios e lagos, redes localizadas dentro da área abrangida pelo plano básico ou específico de zona de proteção de aeródromos e helipontos etc.

2.7.3 Desenhos especiais

Devem ser preparados desenhos especiais, em escalas apropriadas, sempre que houver necessidade de se detalhar certos aspectos construtivos do projeto, como por exemplo:

- Estruturas não padronizadas;
- Saídas de alimentadores em subestações;
- Ramais subterrâneos
- Arranjos
- etc.

2.8 CONDOMÍNIOS

O projeto arquitetônico ou projeto de rede de distribuição devem estar devidamente cotados e georreferenciados, com os passeios e vias internas bem caracterizados;

Deve ser apresentado também o croqui de localização do empreendimento contendo, no mínimo, a identificação do ponto de entrega das unidades consumidoras, sendo:

- a. Condomínio onde a rede elétrica interna não seja de propriedade da Cemig: nome da via pública e número predial oficial onde está localizado o ponto de entrega;

- b. Condomínio onde a rede elétrica interna seja de propriedade da Cemig: nome da(s) via(s) interna(s) e números prediais onde estão localizados os pontos de entregas das unidades consumidoras

2.9 CÁLCULOS ELÉTRICOS E MECÂNICOS ADICIONAIS

Além dos cálculos elétricos e mecânicos inerentes a qualquer projeto, cálculos adicionais devem ser feitos conforme abaixo:

- a. Cálculos elétricos

Devem ser preparados no caso de projetos especiais que envolvam coordenação de proteção, regulação de tensão, compensação de reativos, atendimento a cargas flutuantes, quando devem ser seguidos os critérios resumidos no Capítulo 7 e em detalhes nos ED-3.3, ED-3.4, ED-1.2, ED-1.25, ED-1.3 e ED-1.19 respectivamente.

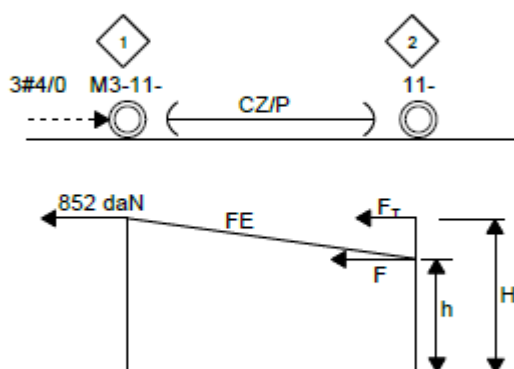
- b. Cálculos mecânicos

Devem ser preparados no caso de projetos que envolvam travessias especiais, quando for necessária a utilização de estruturas especiais.

ANEXO A – DIMENSIONAMENTO DE POSTE E ENGASTAMENTO

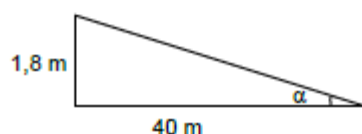
Exemplo1: Estai de cruzeta a poste (CZ/P)

Vão=40m



FE = Força exercida no estai
F = Força Horizontal no Nível do Estai
FT = Força Transferida para o Topo
h = Altura do Estai ao Solo
H = Altura de 20 cm do Topo ao Solo

1) Ângulo de Inclinação



$$\tan \alpha = \frac{1,8}{40} = 0,045 \rightarrow \alpha = 2,6^\circ < 10^\circ$$

2) Dimensionamento do Cabo de Aço

$$FE = \frac{852}{\cos 2,6^\circ} = 853 \text{ daN} > 700 \text{ daN} \rightarrow \text{Usar cabo de aço } D_n=9,5\text{mm}$$

3) Dimensionamento Poste

Poste

Como estai está na posição oposta a fase central, todo o esforço do primário vai para o estai. Como o padrão mínimo para o poste de 11m e 300daN, deve-se usar o poste 11-300 com engastamento simples.

Poste

$$F = 852 \text{ daN}$$

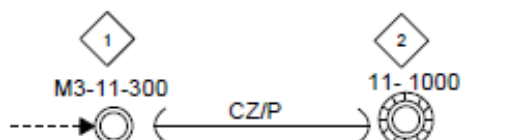
$$F_T = 852 \cdot \frac{h}{H} \rightarrow 852 \cdot \frac{7,3}{9,1} = 683 \text{ daN} \rightarrow \text{Usar poste - 11m-1000daN}$$

e engastamentos:

- Profundidade aumentada – $E=2,3\text{m}$
- Concretagem Circular - $D_n= 1,3\text{m}$
- Concretagem retangular $0,7\times 2,2\text{m}$

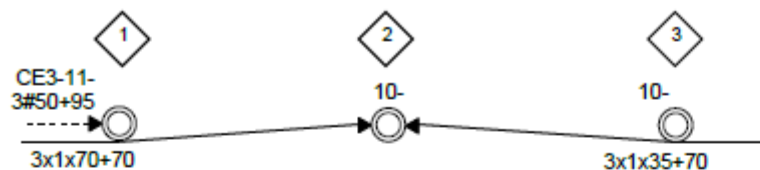
Obs: No caso de utilizar profundidade aumentada, analisar a necessidade de troca do poste por mais alto.

4) Resultado

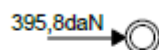


Exemplo 2: Estai de poste a poste (P/P)

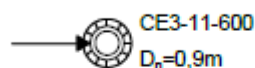
Vão = 40m



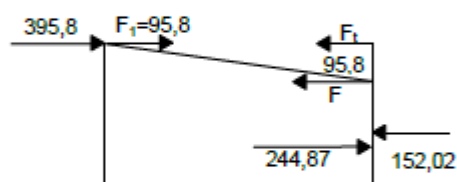
a) Sem Estai



Conclusão



b) Utilizar poste 1 com 11-300 Eng. Concretagem Circular $D_n=600$ m e 1 estai de poste a poste

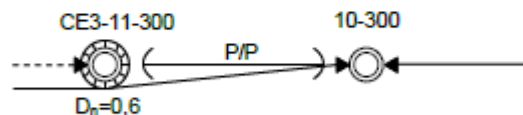


$$F_1 = F = 395,8 - 300 = 95,8daN$$

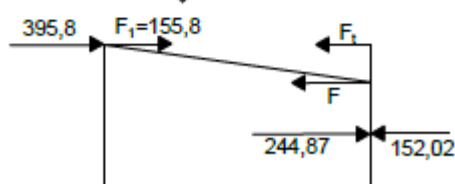
$$F_t = (244,87 - 152,02) \times \frac{7}{8,2} + 95,8 \times \frac{7,3}{8,2} =$$

$$F_t = 164,6daN$$

Conclusão



c) Utilizar poste 1 com 11-300 Engastamento Simples e 1 Estai

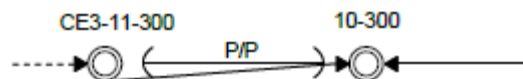


$$F_1 = F = 395,8 - 240 = 155,8daN$$

$$F_t = (244,87 - 152,02) \times \frac{7}{8,2} + 155,8 \times \frac{7,3}{8,2} =$$

$$F_t = 218daN$$

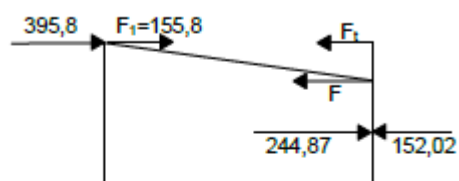
Conclusão



OBS: A solução "c" é mais barata que a solução "b".

d) Utilizar poste 1 com 2 Estais de poste a poste

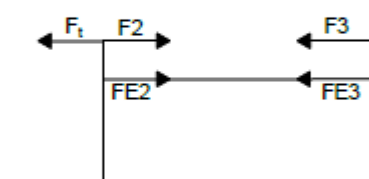
Poste 1 e 2



$$F_t = 218 daN$$

OBS: Ver solução "c".

Poste 2 e 3

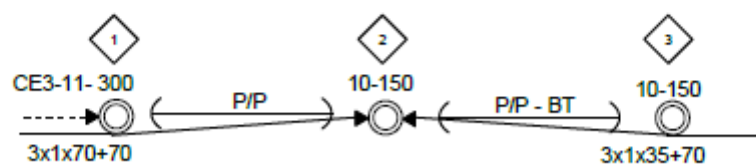


FE = Força exercida no estai
F_T = Força Transferida no poste 2
(Calculado acima)

$$F_2 = 218 - 150 = 68 daN$$

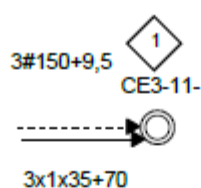
$$FE2 = 68 + \left(\frac{7,3}{8,2}\right) = 76,4 daN$$

Conclusão



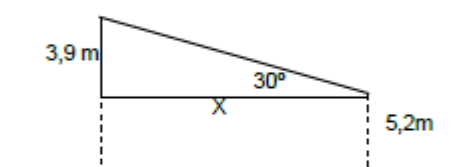
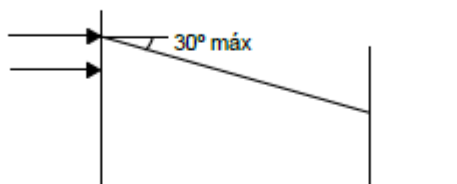
OBS: O projetista deve optar entre o caso "c" ou "d", o que for mais barato.

Exemplo 3: Poste a contra poste (P/CP)




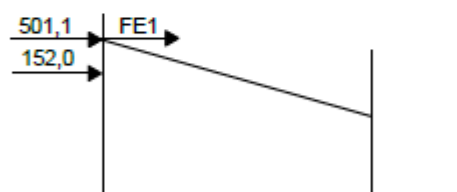
a) Distância mínima o contra poste:

O ângulo máximo do estai do poste é 30°



$$X = \frac{3,9}{\tan 30^\circ} = 6,8m.$$

Logo o contra poste tem que estar no
mínimo a 6,8m do poste 



$$FT = 501,1 + 152,02 \times \frac{7,0}{9,1} = 618daN$$

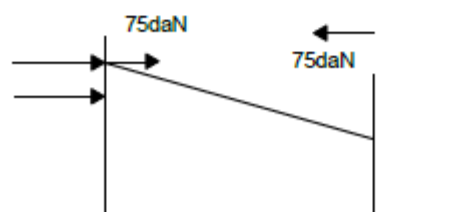
$$FE1 = 618 - 600 = 18daN$$

Poste 

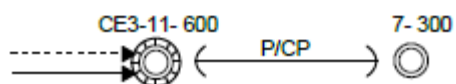
$$FT = 618 - 75 = 543daN$$

Como o esforço mínimo transferido por
um estai deve ser 75 daN.

Temos:



Conclusão



ANEXO B - TABELAS DE REMUNERAÇÃO

Tabela 01 – Fatores Básicos Modularizados de Construção em Rede Distribuição Urbana

Os valores a pagar e que se encontram neste anexo, são somente orientativos, devendo ser pago o valor de US que se encontra no contrato vigente.

A	B	C	D	E	F
Grupo da Atividade	Atividade	Descrição Completa	Grau de Dificuldade	Valor da US Instalação	Valor da US Retirada
Poste	Instalar poste/contra poste até 8 m de altura	Consiste na abertura da vala, levantamento, engastamento e aprumo do poste de até 8 metros de altura	1	0,25	0,15
	Instalar poste/contra poste até 9 a 12 m de altura	Consiste no transporte, abertura da vala, levantamento, engastamento e aprumo do poste de 9 a 12 metros de altura	2	0,42	0,25
	Instalar poste/contra poste acima a 12 m de altura	Consiste no transporte, abertura da vala, levantamento, engastamento e aprumo do poste de 9 a 12 metros de altura	3	0,50	0,30
Estrutura de BT	Instalar/modificar estrutura BT de rede com fixação/amarração de condutores (Sem lançamento de condutores)	Consiste na instalação e ou modificação de estrutura de BT para rede convencional ou isolada com fixação e ou amarração dos condutores e conexões. Não há lançamento de condutores	1	0,22	0,13
	Instalar/modificar estrutura BT com lançamento, fixação/amarração de condutores	Consiste na instalação e ou modificação de estrutura de BT de rede convencional ou isolada com lançamento de condutores, fixação e ou amarração, inclusive emendas e conexões independentemente do número de condutores.	2	0,28	0,17
	Substituição de neutro para rede de BT isolada	Consiste na substituição de neutro por rede de BT isolada com lançamento de condutor, alteração de estrutura, fixação e ou amarrações, inclusive emendas e conexões	3	0,39	
	Substituição de rede BT isolada por rede de BT isolada.	Consiste na substituição de rede BT isolada por outra de qualquer bitola com lançamento de condutor, alteração de estrutura, fixação e ou amarrações, inclusive emendas e conexões.			

A	B	C	D	E	F
Grupo da Atividade	Atividade	Descrição Completa	Grau de Dificuldade	Valor da US Instalação	Valor da US Retirada
Estrutura MT	Instalar/modificar estrutura MT de rede convencional e ou protegida com fixação/amarração de condutores.	Consiste na instalação e ou modificação de estrutura de MT para rede convencional ou protegida com fixação e ou amarração dos condutores e conexões, Não há lançamento de condutores.	1	0,21	0,13
	Instalar/modificar estrutura MT monofásica convencional com lançamento, fixação/amarração de condutores.	Consiste na instalação e ou modificação de estrutura de MT de rede convencional monofásica com lançamento de condutores, fixação e ou amarração, inclusive emendas e conexões			
	Instalar/modificar estrutura MT trifásica convencional com lançamento, fixação/amarração de condutores.	Consiste na instalação e ou modificação de estrutura de MT trifásica de rede convencional com lançamento de condutores, fixação e ou amarração, inclusive emendas e conexões.	2	0,30	0,18
	Substituir de condutores MT de rede convencional.	Consiste na substituição de condutores de rede convencional com ou sem alteração de estrutura, lançamento de condutores com fixação e ou amarrações, inclusive emendas e conexões, independente do número de condutores.	3	0,39	0,23
	Instalar/modificar estrutura MT protegida com lançamento, fixação/amarração de condutores.	Consiste na instalação e ou modificação de estrutura de MT de rede protegida com lançamento de condutores e mensageiro, fixação e ou amarração, inclusive emendas e conexões, independentemente do número de condutores.			

A	B	C	D	E	F
Grupo da Atividade	Atividade	Descrição Completa	Grau de Dificuldade	Valor da US Instalação	Valor da US Retirada
IP (execução em conjunto com outra atividade)	Instalar ponto de IP convencional	Consiste na instalação de IP convencional, independente do número de pontos no poste, com conexões, aterramento e ligações.	1	0,08	0,05
	Instalar ponto de IP semi convencional	Consiste na instalação de IP semi convencional, independente do número de pontos no poste, com conexões, aterramento e ligações	2	0,10	0,06
	Instalar ponto de IP não convencional	Consiste na instalação de IP não convencional, independente do número de pontos no poste, com conexões, aterramento e ligações.	3	0,13	0,08
EQUIPAMENTOS	Instalar chave faca, chave fusível, chave repetidora, estai, para raios.	Consiste na instalação de 1 ou mais equipamentos descritos ao lado no poste, incluindo conexões e todos os acessórios	1	0,08	0,05
	Instalar/substituir transformador monofásico, religador monofásico, seccionalizador monofásico, capacitor monofásico.	Consiste na instalação de 1 ou mais equipamentos descritos ao lado no poste, incluindo conexões e todos os acessórios	2	0,35	0,21
	Instalar/substituir transformador trifásico, religador trifásico, seccionalizador trifásico, capacitor trifásico, chave tele controlada, conjunto de medição.	Consiste na instalação de 1 ou mais equipamentos descritos ao lado no poste, incluindo conexões e todos os acessórios.	3	0,50	0,35

NOTA 01 - Quando da instalação de poste, havendo concretagem de base, deverá ser pago adicional a remuneração da atividade, 0,08 de mão de obra somado ao fator de US referente ao material utilizado conforme tabela 02.

NOTA 02 - A remuneração do serviço executado será obtida através do somatório dos fatores referentes as atividades envolvidas durante a execução.

NOTA 03 - Cada **atividade** possui grau de dificuldade único, definido de acordo com a tabela acima.

NOTA 04 - Quando não houver previsão de **substituição** no serviço, havendo a necessidade, deverá ser considerado para a remuneração nesse caso, 01 (uma) retirada e 01 (uma) instalação.

NOTA 05 - Para as atividades não previstas na tabela 01 deverá ser utilizada a tabela 02 – FATORES COMPLEMENTARES DE CONSTRUÇÃO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO URBANA.

NOTA 06 – A tabela 01 deverá ser utilizada para pagamento da atividade de IP em realizada em conjunto com outra atividade desta mesma tabela. Para os casos isolados de IP deverá ser utilizada a **TABELA 05 - SERVIÇOS EXCLUSIVOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA**.

FATORES COMPLEMENTARES DE RDU (Serviços Isolados)	US Horário Normal
ATERRAMENTO	
Instalação de um aterramento completo com até três hastes	0,15
Instalação de haste adicional para aterramento	0,06
CONDUTORES	
Instalação de rede isolada de MT (incluindo emendas e terminações) em posteação existente	0,96
Reestricamento de rede primária por vão	0,08
Reestricamento de rede secundária por vão	0,05
Substituição de rede convencional para rede isolada de MT (incluindo emendas e terminações).	1,08
Circuito adicional de rede protegida de MT	0,30
Derivação/Transição de rede convencional para rede isolada de MT	0,50
DERIVAÇÃO	
Derivação subterrânea em alta tensão	0,40
Derivação subterrânea em baixa tensão	0,10
Retirada de derivação subterrânea em alta tensão	0,14
Retirada de derivação subterrânea em baixa tensão	0,04
Retirada de derivação primária monofásica, sem troca de poste, c/ retirada de chave, para-raios etc.	0,07
Retirada de derivação primária trifásica, sem troca de poste, com retirada de chaves, para-raios etc.	0,14
EQUIPAMENTOS	
Instalação de chaves-faca basculante tripolar	0,82
Instalação de regulador de tensão em estrutura monofásica, com inst. de poste, inclusive chaves e para-raios.	1,61
Instalação de banco de regulador de tensão trifásico com instalação de poste, inclusive chaves e para-raios.	3,20
Retirada de chave basculante tripolar	0,49
Retirada de regulador de tensão monofásico	1,13
Retirada de regulador de tensão trifásico	2,24

FATORES COMPLEMENTARES DE RDU (Serviços Isolados)	US Horário Normal
ESTAI	
POSTE	
Aprumar poste	0,25
Cava para poste em rocha, incluindo a instalação do poste	2,30
Cava reaterrada inclusive recomposição do passeio	0,08
Cava reaterrada sem recomposição do passeio	0,04
Concretagem de base em poste de até 300 daN (mão-de-obra)	0,08
Concretagem de base em poste acima de 300 até 600 daN (mão-de-obra)	0,18
Concretagem de base em poste acima de 600 daN (mão-de-obra)	0,40
Material para Concretagem de base em poste de até 300 daN	0,05
Material para Concretagem de base em poste acima de 300 até 600 daN	0,12
Material para Concretagem de base em poste acima de 600 daN	0,26
Instalação de poste de aço chicote duplo, incluindo montagem de luminárias, caixa de passagem, fiação, conexões elétricas e transporte.	0,26
Instalação de poste de aço chicote simples, incluindo montagem de luminárias, caixa de passagem, fiação, conexões elétricas e transporte.	0,20
Instalação de poste de aço para desvio de ramal	0,10
Instalação de poste de aço de 4,50m para luminária, incluindo montagem de luminária, equipamentos, caixa de passagem, fiação, conexões elétricas e transporte.	0,10
Instalação de poste de aço de 6,0 a 8,5 m para luminária, incluindo montagem de luminária, equipamentos, caixa de passagem, fiação, conexões elétricas e transporte.	0,20
Instalação de poste ornamental 9 a 12m, incluindo instalação de luminárias, equipamentos, caixa de passagem fiação, conexões elétricas e transporte.	0,60
Confecção de base para instalação de poste flangeado, inclusive material	0,60
Instalação de poste ornamental de 13 a 17m, incluindo instalação de luminárias, equipamentos, caixa de passagem fiação, conexões elétricas e transporte.	1,00
Instalação de escora de subsolo, incluindo recomposição do passeio.	0,10

FATORES COMPLEMENTARES DE RDU (Serviços Isolados)	US Horário Normal
OUTROS	
Caixa de passagem em alvenaria, para alta tensão.	0,20
Caixa de passagem em alvenaria, para baixa tensão.	0,10
Operação de dispositivo de proteção para transferência de carga, com sinalização (por ponto / por intervenção)	0,08
Sinalização de dispositivo de proteção (NA), excluindo os dispositivos manobrados.	0,04
Abertura ou Fechamento de jampe para seccionamento ou emenda de circuito de MT em condição de manobra	0,08
Abrir valeta em asfalto, por m (metro linear), com lançamento de dutos, inclusive recomposição, lançamento dos cabos e conexões elétricas com fornecimento do concreto asfáltico.	0,24
Abrir valeta em passeio, por m (metro linear), com lançamento de dutos, inclusive recomposição, lançamento dos cabos e conexões elétricas com fornecimento do concreto.	0,08
Valeta em terra, por m, com lançamento de dutos, inclusive recomposição, lançamento dos cabos e conexões elétricas.	0,05
Valeta em grama, por m (metro linear), com lançamento de dutos, inclusive recomposição, lançamento dos cabos e conexões elétricas com fornecimento da grama.	0,06
Instalação de cobertura isolante (por fase/vão) incluindo-se retirada de objetos e poda de árvore quando necessário	0,06
Instalação de prumadas em postes, incluindo eletrodutos, lançamento de cabos, caixa de passagem, e conexões elétricas (por poste)	0,25
Supressão de árvore em rede primária e/ou rede secundária sem proteção com recolhimento de resíduos e destinação final	0,60
Destoca de árvore suprimida, com recolhimento de resíduos, destinação final, e recomposição do piso, com fornecimento de materiais	0,35
Plantio de mudas	0,25

NOTA: O plantio de mudas engloba: abertura da cova com 1,20m (um metro e vinte centímetros) de comprimento, 0,80m (oitenta centímetros) de largura, 0,60m (sessenta centímetros) de profundidade; aquisição de mudas com 2,50m (dois metros e cinquenta centímetros) de altura, aquisição e aplicação de adubos e suplementos, fixação de 2 (dois) tutores de 1,20m (um metro e vinte centímetros), amarriços e cobertura com cascalho e cavaco de madeira.

TABELA 03 - SERVIÇOS EXCLUSIVOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA



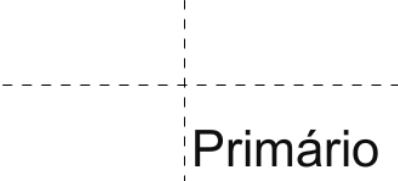
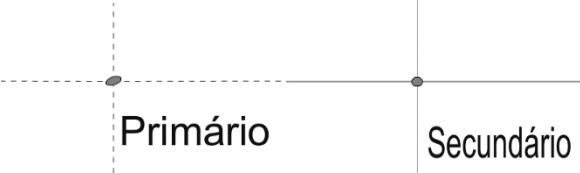



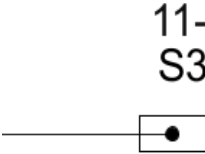
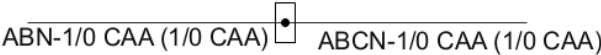
FATORES COMPLEMENTARES DE RDU (Serviços Isolados)	US Horário Normal
OUTROS	
Instalação de ponto convencional completo	0,10
Instalação de ponto semi-convencional completo	0,14
Instalação de ponto não convencional completo até duas luminárias	0,19
Instalação de ponto não convencional completo com três ou mais luminárias	0,25
Retirada de ponto convencional completo	0,07
Retirada de ponto semi-convencional completo	0,10
Retirada de ponto não convencional completo até duas luminárias	0,13
Retirada de ponto não convencional completo com três ou mais luminárias	0,18
Substituição de luminária em ponto convencional	0,10
Substituição de luminária em ponto semi-convencional	0,14
Substituição das luminárias em ponto não convencional até duas luminárias	0,29
Substituição das luminárias em ponto não convencional com três ou mais luminárias.	0,43
Substituição de ponto convencional por ponto semi-convencional de IP	0,14
Substituição de ponto semi-convencional por ponto não convencional de IP	0,24
Substituição de ponto convencional por ponto não convencional de IP	0,24
Substituição de ponto convencional por ponto convencional de IP	0,13
Substituição de ponto semi-convencional por ponto semi-convencional de IP	0,17
Substituição de ponto não convencional por ponto não convencional de IP	0,24

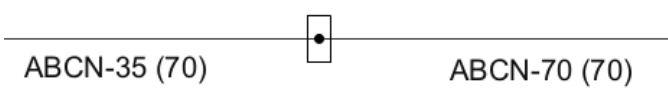
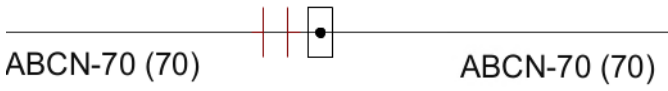
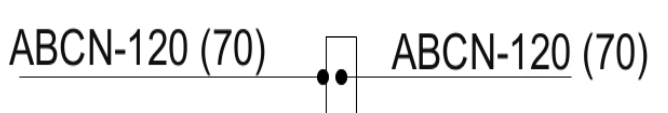

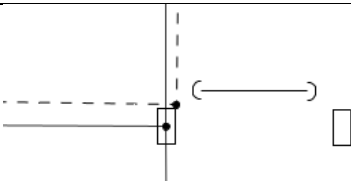
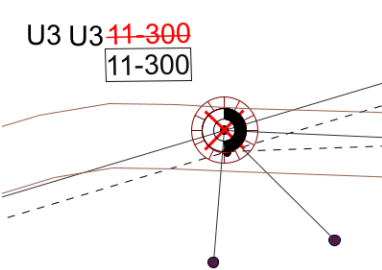
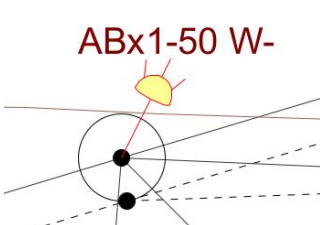
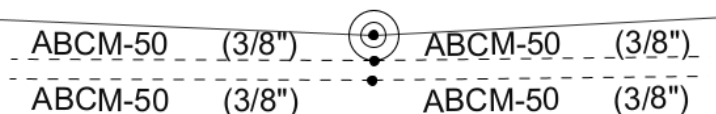
NOTA 01: Os serviços de iluminação pública executada na obra em conjunto com outros serviços deverão

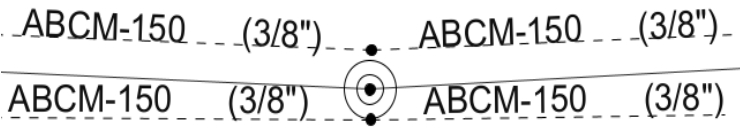
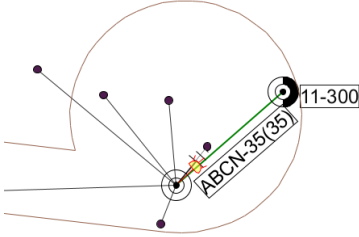
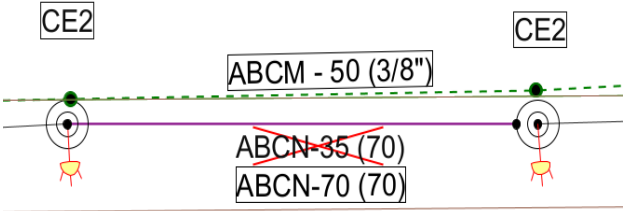
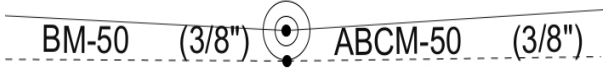
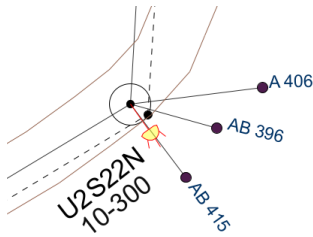
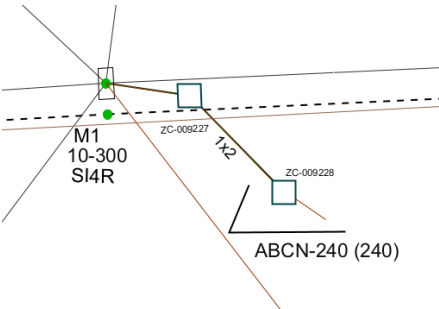
ser pagos pelos fatores globais.

NOTA 02: Nos serviços de iluminação pública estão incluídos os serviços de aterramento definitivo de ferragens nos postes trabalhados, braços, suportes, conexões, instalação de todo cabeamento e componentes da IP.

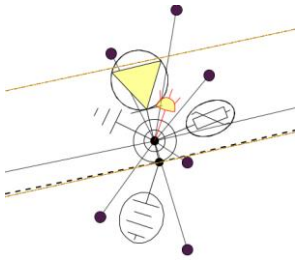
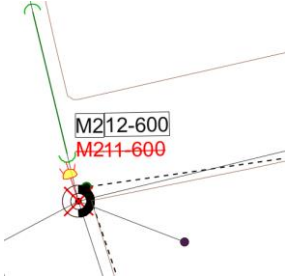
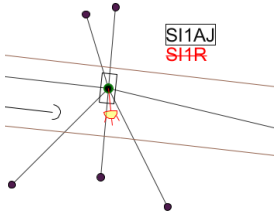
ANEXO C- DETALHES CONSTRUTIVOS

DESCRIÇÃO	SÍMBOLO
Condutores Primários (Planta Detalhe)	
Condutores Secundários (Planta Detalhe)	
Cruzamento de Condutores sem Conexão Elétrica	 Primário
Cruzamento de Condutores com Conexão Elétrica	 Primário Secundário
Indicação de Material e Equipamento “A Instalar”	
Indicação de Material e Equipamento “A Retirar”	
Encabeçamento Circuito de MT Definido pela Estrutura de MT.	 CM3 11-300
Encabeçamento de Circuito BT Definido pela Estrutura de BT.	 11-300 S3R
Mudança de Número de Condutores Secundários e Indicação de Fases	 ABN-1/0 CAA (1/0 CAA) ABCN-1/0 CAA (1/0 CAA)

Encabeçamento do Secundário com Mudança de Seção dos Condutores e Indicação de Fases	
Seccionamento de Circuito Secundário por Encabeçamento	 
Indicação do Condutor Neutro Interligado e Seccionamento de Circuito.	
Estai de Cruzeta a Poste ou Contra Poste	
Substituição de Poste de Madeira por Concreto e Derivação do Primário A Instalar (Projetado)	
Símbolo de Luminária, Indicação de Fases, Número de Lâmpadas e Potência	
Circuito Primário Duplo do Mesmo Lado do Poste (Planta Detalhe)	

Circuito Primário Duplo em Lados Opostos do Poste (Planta Detalhe)	
Derivação de Secundário A Instalar	
Alteração No Secundário (Recondutoramento) e Cabo e Estrutura do Primário "A Instalar"	
Transição do Primário Trifásico para Monofásico	
Representação dos Ramais de Serviços Aéreos em BT	
Representação do Ramal de Ligação Subterrâneo em BT	

Representação do Ramal de Ligação Aéreo MT	
Representação do Ramal de Serviço Subterrâneo em MT	
Estai Projetado com Cabo de Aço de 9,5mm	
Substituição de Poste de Mesmo Tipo	
Substituição de Poste de Tipo Diferente	
Substituição de Poste de Tipo, Resistência e Estrutura Secundária Diferente	

Instalação de Transformador para Atendimento Exclusivo	 <p>Diagrama técnico mostrando a instalação de um transformador (representado por um círculo amarelo) para atendimento exclusivo. O transformador está conectado a uma rede de distribuição (linhas pretas) que se ramifica para vários pontos de consumo (círculos roxos). Há também uma conexão com uma linha de transmissão (linha amarela) no topo.</p>
Remoção de Poste Do Mesmo Tipo com Alteração de Estrutura Primária e Instalação de Poste	 <p>Diagrama técnico mostrando a remoção de um poste existente (círculo preto com uma linha verde apontando para cima) e a instalação de um novo poste (círculo amarelo). O novo poste está conectado a uma rede de distribuição (linhas pretas) que se ramifica para vários pontos de consumo (círculos roxos). Há também uma conexão com uma linha de transmissão (linha amarela) no topo. O novo poste é rotulado com o código M212-600 e M211-600.</p>
Instalação de Braço J Em Casos Especiais para Afastamento de Rede Secundária Isolada	 <p>Diagrama técnico mostrando a instalação de um braço J (representado por uma linha verde) para afastamento de uma rede secundária isolada (linhas pretas). O braço J está conectado a uma rede de distribuição (linhas pretas) que se ramifica para vários pontos de consumo (círculos roxos). Há também uma conexão com uma linha de transmissão (linha amarela) no topo. O braço J é rotulado com o código SI1AJ e SHR.</p>