



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

CONTEÚDO

1.	OBJETIVOS DO DOCUMENTO E ÁREA DE APLICAÇÃO	6
2.	GESTÃO DA VERSÃO DO DOCUMENTO	6
3.	UNIDADES RESPONSÁVEIS PELO DOCUMENTO	7
4.	REFERÊNCIAS	7
5.	POSIÇÃO DO PROCESSO COM RELAÇÃO A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	9
6.	SIGLAS E PALAVRAS-CHAVE	9
7.	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	11
7.1.	ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO AT	11
7.2.	OBTENÇÃO DOS DADOS PRELIMINARES	11
7.2.1.	GERAL	11
7.2.2.	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SISTEMA ELÉTRICO	12
7.2.3.	PLANEJAMENTO BÁSICO	13
7.2.3.1.	RESPONSABILIDADES	13
7.2.3.2.	OBTENÇÃO DE DADOS DA ÁREA DO PROJETO	13
7.2.4.	FUNCIONALIDADES DAS INSTALAÇÕES	13
7.2.5.	TECNOLOGIA	14
7.2.6.	MEIO AMBIENTE	14
7.2.6.1.	NO NET LOSS	14
7.2.7.	CONDIÇÕES DE TRABALHO	15
7.2.8.	CONFIABILIDADE E CUSTOS	15
7.2.9.	CUMPRIMENTO DAS NORMAS E REGULAMENTAÇÕES	16
7.3.	TRAÇADO DAS LINHAS	16
7.3.1.	TRAÇADO IDEAL E LEVANTAMENTO PRELIMINAR	16
7.3.1.1.	ESTUDO DO RASTREAMENTO NO LOCAL	17
7.3.1.2.	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E SOCIAL	18
7.3.2.	LOCAÇÃO DE ESTRUTURAS DE LINHAS DE AT EM TORRES METÁLICAS	18
7.3.3.	LOCAÇÃO DE POSTES EM ZONA URBANA	18



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.4.	COMPONENTES.....	19
7.4.1.	CONJUNTOS DE TORRES	19
7.4.2.	CONDUTORES	20
7.4.2.1.	ALUMÍNIO COM NÚCLEO DE AÇO GALVANIZADO (CAA)	20
7.4.2.2.	CONDUTORES DE ALUMÍNIO, REFORÇADOS COM AÇO REVESTIDO DE ALUMÍNIO (CAA / AW) 20	
7.4.2.3.	CONDUTOR DE ALTA CAPACIDADE	21
7.4.3.	CABO PARA-RAIOS COM FIBRA ÓPTICA (OPGW)	22
7.4.4.	ISOLADORES	22
7.4.5.	FERRAGENS, PARA-RAIOS E ACESSÓRIOS.....	23
7.4.5.1.	FERRAGENS.....	23
7.4.5.2.	PARA-RAIOS.....	23
7.4.5.3.	ACESSÓRIOS	23
7.5.	CONSTRUÇÃO	24
7.5.1.	PROJETO	24
7.5.1.1.	COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO	25
7.5.1.2.	SOLICITAÇÃO MECÂNICA.....	26
7.5.2.	CONEXÃO COM A LINHA DE AT EXISTENTE.....	28
7.5.3.	VÃOS LIVRES, CRUZAMENTO E PARALELISMO	30
7.5.3.1.	TRAVESSIA SOBRE LOCAIS ACESSÍVEIS APENAS A PEDESTRES OU ONDE CIRCULAM MÁQUINAS AGRÍCOLAS.....	32
7.5.3.2.	TRAVESSIAS SOBRE RODOVIAS, RUAS E AVENIDAS.....	33
7.5.3.3.	TRAVESSIAS SOBRE FERROVIAS.....	33
7.5.3.4.	TRAVESSIAS SOBRE AS ÁGUAS NAVEGÁVEIS OU NÃO NAVEGÁVEIS	34
7.5.3.5.	TRAVESSIA SOBRE LINHAS E REDES	34
7.5.3.6.	DISTÂNCIA DE LDAT PARA PAREDES, TELHADOS, TERRAÇOS OU SACADAS.....	34
7.5.3.7.	DISTÂNCIA DE LDAT PARA INSTALAÇÕES TRANSPORTADORAS, VEÍCULOS RODOVIÁRIOS E FERROVIÁRIOS.....	35
7.5.4.	FUNDAÇÕES E TORRES.....	35



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.4.1.	FUNDAÇÕES	35
7.5.4.2.	ESTRUTURAS.....	36
7.6.	ATERRAMENTO	38
7.6.1.	LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO AT EM TORRES METÁLICAS	38
7.6.1.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	38
7.6.1.2.	MEDIÇÃO DA RESISTIVIDADE DO SOLO	38
7.6.1.3.	TIPO DE ATERRAMENTO	39
7.6.1.4.	MATERIAL DE ATERRAMENTO	39
7.6.1.4.1.	HASTE DE ATERRAMENTO E CONECTOR	39
7.6.1.4.2.	PROFUNDIDADE DA HASTE DE ATERRAMENTO	39
7.6.1.4.3.	CONDUTOR	39
7.6.1.4.4.	CRITÉRIOS PARA O ATERRAMENTO DE ESTRUTURAS	40
7.6.1.5.	ATERRAMENTO E SECCIONAMENTO DE CERCAS.....	40
7.6.1.5.1.	ATERRAMENTO DE CERCAS EM UNIDADES URBANAS	40
7.6.1.5.2.	ATERRAMENTO DE CERCAS EM UNIDADES RURAIS	40
7.6.1.6.	ATERRAMENTO DE CERCAS ELETRIFICADAS DE TERCEIROS.....	40
7.6.2.	LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO AT EM POSTES	41
7.6.2.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	41
7.6.2.2.	MEDIÇÃO DA RESISTIVIDADE DO SOLO	41
7.6.2.3.	TIPO DE ATERRAMENTO	42
7.6.2.4.	MATERIAL DE ATERRAMENTO	42
7.6.2.4.1.	MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS	42
7.6.2.4.2.	HASTE DE ATERRAMENTO E CONECTOR	42
7.6.2.4.3.	PROFUNDIDADE DA HASTE DE ATERRAMENTO	42
7.6.2.4.4.	CONDUTOR	43
7.6.2.4.5.	CONEXÕES.....	43
7.6.2.4.6.	CRITÉRIOS PARA O ATERRAMENTO DE ESTRUTURAS	43
7.6.2.5.	ATERRAMENTO E SECCIONAMENTO DE CERCAS.....	43



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.6.2.5.1.	HASTE DE TERRA E SECCIONADOR PRÉ-FORMADO	43
7.6.2.5.2.	ATERRAMENTO DE CERCAS EM UNIDADES URBANAS	43
7.6.2.5.3.	ATERRAMENTO DE CERCAS EM UNIDADES RURAIS	44
7.6.2.6.	ATERRAMENTO DE CERCAS ELETRIFICADAS DE TERCEIROS.....	44
7.7.	APRESENTAÇÃO DO PROJETO	44
7.7.1.	PROJETOS PARA ANÁLISE	44
7.7.2.	IDENTIFICAÇÃO DO ENGENHEIRO RESPONSÁVEL	45
7.7.3.	DOCUMENTAÇÃO	45
7.7.4.	PLANTAS.....	45
7.7.4.1.	TIPOS DE PLANTAS.....	45
7.7.4.1.1.	PLANTAS CADASTRAIS	45
7.7.4.1.2.	PLANTA DO TRAÇADO	45
7.7.4.1.3.	PERFIL PLANIALTIMÉTRICO.....	46
7.7.4.1.4.	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO.....	47
7.7.4.2.	ENTREGA DO PROJETO	47
7.7.5.	MEMORIAL DE CÁLCULO DO ATERRAMENTO DA LDAT	47
7.7.6.	MEMORIAL DESCRITIVO.....	47
7.7.7.	ANÁLISE E ACEITAÇÃO DO PROJETO.....	48
7.8.	VIGÊNCIA DO DOCUMENTO.....	48
8.	ANEXOS	48
8.1.	ANEXO 1 – FICHA CADASTRAL DE PROPRIETÁRIOS.....	48
8.2.	ANEXO 2 – TERMO DE PERMISSÃO PARA LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	48
8.3.	ANEXO 3 – DOCUMENTAÇÃO PARA INDENIZAÇÃO DE FAIXA DE SERVIDÃO DE LINHA DE TRANSMISSÃO.....	48
8.4.	ANEXO 4 – RESUMO DE CUSTO DE INDENIZAÇÃO DE LINHA DE TRANSMISSÃO	48
8.5.	ANEXO 5 – MODELO DE MEMORIAL DESCRITIVO	48
8.6.	ANEXO 6 - DESENHO 01 – TRAVESSIA - MODELO	48
8.7.	ANEXO 7 - DESENHO 02 – DISTÂNCIAS MÍNIMAS DE SEGURANÇA - TRAVESSIA SOBRE LOCAIS ACESSÍVEIS APENAS A PEDESTRES OU ONDE CIRCULAM MÁQUINAS AGRÍCOLAS.....	48


Especificação Técnica nº 0022
cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

8.8.	ANEXO 8 - DESENHO 03 – DISTÂNCIAS MÍNIMAS DE SEGURANÇA - TRAVESSIA SOBRE RODOVIAS, RUAS E AVENIDAS	48
8.9.	ANEXO 9 - DESENHO 04 – DISTÂNCIAS MÍNIMAS DE SEGURANÇA - TRAVESSIA SOBRE FERROVIAS	48
8.10.	ANEXO 10 - DESENHO 05 – DISTÂNCIAS MÍNIMAS DE SEGURANÇA - TRAVESSIA SOBRE ÁGUAS NAVEGÁVEIS OU NÃO NAVEGÁVEIS	48
8.11.	ANEXO 11 - DESENHO 06 – DISTÂNCIAS MÍNIMAS DE SEGURANÇA - TRAVESSIA SOBRE LINHAS E REDES	48
8.12.	ANEXO 12 - DESENHO 07 – DISTÂNCIAS MÍNIMAS DE SEGURANÇA - LDAT PRÓXIMA A PAREDES, TELHADOS, TERRAÇOS OU SACADAS	48
8.13.	ANEXO 13 - DESENHO 08 – DISTÂNCIAS MÍNIMAS DE SEGURANÇA - LDAT PRÓXIMA A INSTALAÇÕES TRANSPORTADORES, VEÍCULOS RODOVIÁRIOS E FERROVIÁRIOS	49
8.14.	ANEXO 14 - DESENHO 09 – SIMBOLOGIA	49
8.15.	ANEXO 15 - DESENHO 10 – SECCIONAMENTO DE CERCAS	49
9.	VISTOS.....	49

RESPONSÁVEL POR NETWORK DEVELOPMENT BRAZIL
Silvana Flávia D'Andrea



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

1. OBJETIVOS DO DOCUMENTO E ÁREA DE APLICAÇÃO

Este documento define os requisitos técnicos mínimos a serem atendidos nos projetos de Linhas de Distribuição Aéreas de Alta Tensão, classe de tensão 69 kV e 138 kV, na busca das melhores soluções, de forma a assegurar que o desempenho do sistema elétrico garanta o fornecimento de energia com confiabilidade, segurança, qualidade e melhor custo. Este critério pode ser aplicado tanto às LDAT's planejadas quanto às LDAT's existentes.

Este documento é aplicável em todas as empresas da Enel Brasil referentes à linha de negócios de Grids e para empresas contratadas e subcontratadas.

O presente documento aplica-se ao Grupo Enel no que diz respeito à sua atuação no Brasil, de acordo com as leis, regulamentos, acordos coletivos e normas de governança aplicáveis, incluindo a Lei Geral de Proteção de Dados, que em qualquer situação, prevalecem sobre as disposições contidas neste documento.

A Lei Geral de Proteção de Dados, Lei nº 13.709/2018 (LGPD) e GDPR (Regulamento U.E. 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de abril de 2016), regulamentam o tratamento de dados pessoais. A LGPD define que tratamento é toda operação realizada com dados pessoais, como as que se referem a coleta, produção, recepção, classificação, utilização, acesso, reprodução, transmissão, distribuição, processamento, arquivamento, armazenamento, eliminação, avaliação ou controle da informação, modificação, comunicação, transferência, difusão ou extração, bem como que Dados Pessoais são todas as informações relacionadas a uma pessoa natural (pessoa física), que possa torná-la identificada ou identificável (tais como: nome, CPF, endereço, nome de familiares, perfil de consumo, geolocalização, número de Unidade Consumidora, etc., os quais de forma isolada ou associada com dois ou mais, possam identificar direta ou indiretamente um titular de dados pessoais).

Os Tratamentos de Dados Pessoais realizados durante as atividades descritas neste documento deverão estar devidamente mapeados no sistema de registro de tratamento de dados pessoais do Grupo Enel e deverão ocorrer em consonância com as regras de Proteção De Dados Pessoais, GDS e Segurança da Informação do Grupo Enel, estabelecidas nas respectivas Políticas e Procedimentos internos.

2. GESTÃO DA VERSÃO DO DOCUMENTO

Versão	Data	Descrição das mudanças
1	27/02/2019	Emissão da especificação técnica de construção. Este documento cancela e substitui os documentos WKI-OMBR-MAT-18-0062-EDCE, WKI-HVOU-CRJ-18-0018-EDRJ, WKI-HVOU-CRJ-18-0019-EDRJ e LTP-AA1.039/00.
2	23/12/2021	Retirado a referência quanto a utilização de poste de concreto e utilização de estai em projetos de LDAT. Este documento cancela e substitui os documentos CNS-OMBR-MAT-18-0142-EDBR, CNS-OMBR-MAT-18-0143-EDCE.
3	28/08/2024	Retorno da utilização do poste de concreto DT, inserir critérios para projeto de torres e também as novas especificações globais de torres e postes metálicos. Mudança da taxonomia do documento e unidade responsável de PM & CONSTRUCTION BRAZIL para NETWORK DEVELOPMENT BRAZIL.
4	16/09/2025	Inserção de um novo item 7.2.6.1 "No Net Loss"



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

3. UNIDADES RESPONSÁVEIS PELO DOCUMENTO

Responsável pela elaboração do documento:

- Enel Grids Brazil / Network Development Brazil / Permitting and Detail Design Brazil.

Responsável pela autorização do documento:

- Enel Grids Brazil / Network Development Brazil;
- Enel Grids Brazil / Network Development Brazil / Permitting and Detail Design Brazil;
- Enel Grids Brazil / Health, Safety, Environment and Quality Brazil / Quality Brazil.

4. REFERÊNCIAS

- Código de Ética Enel;
- Política de Direitos Humanos Enel;
- Programa Global de Compliance Enel;
- ISO 9001 - Sistema de Gestão da Qualidade;
- ISO 14001 - Sistema de Gestão Ambiental;
- ISO 37001 - Sistema de Gestão Antissuborno;
- ISO 45001 - Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional;
- ISO 50001- Sistema de Gestão de Energia;
- ISO 55001 – Sistema de Gestão de Ativos;
- Plano de Tolerância Zero com a Corrupção Enel;
- Política do Sistema de Gestão Integrado;
- Manual do Sistema de Gestão Integrado nº 25 – Enel Distribuição;
- GRI-GRI-GUI-E&C-0005 - HV, MV and LV Network Development Technical Criteria;
- GRI-GRI-GUI-E&C-0006 - HV, MV, LV Technical Connections Criteria;
- Policy nº 241 – Gestão de Crises e Incidentes Brasil;
- GRI-GRI-GUI-NE&D-0005 - Design and construction HV lines guidelines;
- Policy nº 474 – Biodiversity Management;
- Policy nº 1042 – Gerenciamento de Incidentes de Segurança de Dados Pessoais;
- Procedimento Organizacional n.375 Gestão da Informação Documentada
- Procedimento Organizacional n.1626 – Aplicação da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais no âmbito das Empresas do Grupo Enel;
- GSCS001 - Lattice steel supports for high voltage lines;
- GSCH003, Concentric-Lay-Stranded Bare Conductors;



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- GSCH004, Technical Specification of HV Composite Insulators (HVCi);
- GSC-005 - High Voltage Line Overhead Ground Wire;
- GSCH007, High Capacity Bare Conductors;
- PM-Br 314.01.0 - Poste de Concreto Duplo T – Especiais;
- MAT-PMCB-EEA-22-2070-EDBR (PM-Br 750,16) - Esfera de Sinalização;
- MAT-PMCB-EeA-21-2191-EDBR (PM-Br 805.02.3) - Cabo de Aço Cobreado para Aterramento;
- MAT-PMCB-EeA-22-2091-EDBR (PM-Br 800.01.4) - Haste Circular de Aço Cobreado;
- MAT-OMBR-MAT-18-0051-EDBR (PM-Br 710.07) - Conector de compressão;
- MAT-E&C-NC-2021-0038-EGIN, Global Infrastructure and Networks;
- CNC-NDBR-DBR-19-0407-EDBR / GRI-EDBR-CNC-GRI-0016 – Fornecimento de Energia Elétrica em Alta Tensão – 138/88/69 kV;
- Instrução de Trabalho - WKI-HSEQ-ENV-22-0327-INBR / GRI-EDBR-WKI-GRI-0029 - Licenciamento Ambiental e Autorizações;
- E-LT-001 América do Sul, “Conductores Desnudos para Líneas Aéreas de Alta Tensión”;
- E-LT-005 América do Sul, “Herraje para Líneas Aéreas de Alta Tensión”;
- IEC 60287-1, Electric cables - Calculation of the current rating;
- IEC 60826, Design criteria of overhead transmission lines;
- IEC 60840, Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30kV (um=36kV) up to 150kV (um=170kV) test method and requirements;
- IEC 60853, Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables;
- IEC 60871, Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1000 V;
- IEC 60909, Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of currents;
- IEC 61914, Cable cleats for electrical installations;
- IEC 62067, Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150kV (um=170kV) up to 500kV (um=550kV) test method and requirement;
- IEC 62271-209, High-voltage switchgear and control gear - Part 209: Cable connections for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV;
- EN 50341, Overhead electrical lines exceeding 1 kV general Requirements;
- NBR 5422, Projeto de linhas aéreas de energia elétrica — Critérios técnicos;
- NBR 6484, Solo — Sondagem de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio;
- NBR 6535, Sinalização de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica com vistas à segurança da inspeção aérea;
- NBR 6939, Coordenação de Isolamento – Procedimento;



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- NBR 7095, Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra alta tensão;
- NBR 7276, Sinalização de advertência em linhas aéreas de transmissão de energia elétrica;
- NBR 8186, Coordenação do Isolamento – Diretrizes de aplicação;
- NBR 8451, Postes de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica;
- NBR 8841, Coordenação de isolamento fase-fase;
- ABNT NBR 12255, Execução e utilização de passeios públicos - Procedimento
- NBR 14074, Cabos para-raios com fibras ópticas (OPGW) para linhas aéreas de transmissão;
- NBR 14165, Via férrea — Travessia por linhas e redes de energia elétrica — Requisitos;
- NBR 15237, Esfera de sinalização diurna para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica;
- NBR 15749, Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento;
- NBR 15751, Sistema de aterramento de subestação – Requisitos;
- NBR 17140, Aterramento de estruturas e dimensionamento de cabos para-raios de linha de transmissão aérea de energia elétrica;
- NBR 60815-1, Seleção e dimensionamento de isoladores para alta-tensão para uso sob condições de poluição - Parte 1: Definições, informações e princípios gerais;
- NBR 60815-3, Seleção e dimensionamento de isoladores para alta-tensão para uso sob condições de poluição - Parte 3: Isoladores poliméricos para sistemas de corrente alternada;

Nota: Deve-se sempre seguir a última versão válida das normas citadas acima.

5. POSIÇÃO DO PROCESSO COM RELAÇÃO A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

Value Chain: Engineering

Macro Process: Network Engineering

Process: Network Design

6. SIGLAS E PALAVRAS-CHAVE

Siglas e Palavras-Chave	Descrição
AT	Alta Tensão - Qualquer conjunto de níveis de tensão nominal entre 35kV e 230kV tensão operacional nominal entre as fases
AW	Alumoweld - Aço Revestido de Alumínio
CAA	Cabo de alumínio com alma de aço
Dado Pessoal	Dado Pessoal é qualquer informação relacionada a pessoa natural identificada ou identificável, tais como nome, número de identificação,

**Especificação Técnica nº 0022****cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR**

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Siglas e Palavras-Chave	Descrição
	dados de localização, um identificador online ou a um ou mais dos elementos característicos de sua identidade física, fisiológica, genética, mental, econômica, cultural ou social (veja também Categorias especiais de dados pessoais).
Dados Pessoais Sensíveis (incluindo biométricos e referentes à Saúde)	No contexto de proteção de dados, merece especial atenção a categoria de dado pessoal sobre origem racial ou étnica, convicção religiosa, opinião política, filiação a sindicato ou a organização de caráter religioso, filosófico ou político, dado referente à saúde ou à vida sexual, dado genético ou biométrico, quando vinculado a uma pessoa natural. Esses dados são definidos pela LGPD como Dados Pessoais Sensíveis. - Dados genéticos: dados pessoais relativos às características genéticas, hereditárias ou adquiridas de uma pessoa física que fornecem informações unívocas sobre a fisiologia ou sobre a saúde de tal pessoa física, e que resultam designadamente da análise de uma amostra biológica da pessoa física em questão; - Dados biométricos: dados pessoais resultantes de um tratamento técnico específico relativo às características físicas, fisiológicas ou comportamentais de uma pessoa física que permitam ou confirmem a identificação única dessa pessoa, tais como foto, vídeo, imagens da face ou dados de impressão digital; - Dados relativos à saúde: dados pessoais relacionados com a saúde física ou mental de uma pessoa física, incluindo a prestação de serviços de saúde, que revelem informações sobre o seu estado de saúde.
EDS	Solicitação diária
General Data Protection Regulation or GDPR	Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de abril de 2016, relativo à proteção das pessoas naturais, no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados; e que revoga a Diretiva 95/46 / CE.
LDAT	Linhas de Distribuição de Alta Tensão
Lei Geral de Proteção de Dados ou LGPD.	Lei Brasileira nº 13.709/18 promulgada em 14 de agosto de 2018, posteriormente alterada pela Lei 13.853/19, que dispõe sobre o tratamento de dados pessoais, inclusive nos meios digitais, por pessoa natural ou por pessoa jurídica de direito público ou privado, com o objetivo de proteger os direitos fundamentais de liberdade e de privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural.
LILO	Entrada de Linha /Saída de Linha
Memorial Descritivo	Descreve todo o escopo de elaboração de um projeto de forma detalhada
NBR	Norma Brasileira
OPGW	Cabo Para-Raios com Fibra Óptica



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Siglas e Palavras-Chave	Descrição
Titular dos Dados Pessoais	Pessoais Pessoa natural a quem se referem os dados pessoais que são objeto de tratamento. Ele / ela entendido como uma pessoa natural identificada ou identificável.
Tratamento	Toda operação realizada com dados pessoais, como as que se referem a coleta, produção, recepção, classificação, utilização, acesso, reprodução, transmissão, distribuição, processamento, arquivamento, armazenamento, eliminação, avaliação ou controle da informação, modificação, comunicação, transferência, difusão ou extração.

7. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

7.1. Elaboração de Projetos de Linhas de Distribuição AT

A elaboração de projetos de linhas de distribuição de AT deve seguir o roteiro apresentado na Figura 01.

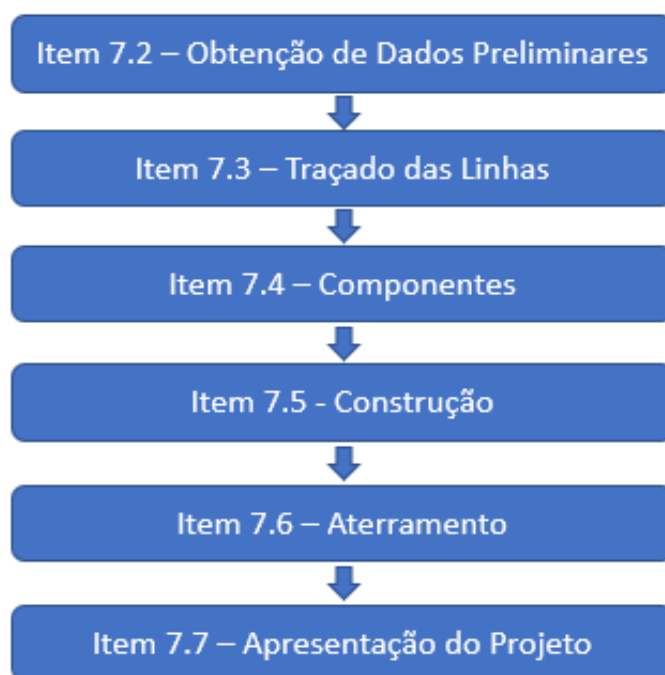


Figura 01: Roteiro para Elaboração de Projetos de Linhas

7.2. Obtenção dos Dados Preliminares

7.2.1. Geral

As obras de LDAT's, antes de seu projeto e construção, devem ser precedidas de um adequado planejamento e avaliação de viabilidade técnica realizada pela unidade de Planejamento da Enel Grids.



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Na fase de projeto, todas as informações ambientais locais necessárias à construção, manutenção e operação da Linha de forma integrada com o meio ambiente, devem ser obtidas e consideradas pelo projetista.

O projeto e construção das LDAT's devem ser realizados, aplicando de forma integrada, critérios gerais relacionados a funcionalidade das instalações, tecnologia, meio ambiente, condições de trabalho, confiabilidade e custos, cumprimento de normas, regulamentações existentes e condições de manutenção.

7.2.2. Características Gerais do Sistema Elétrico

As principais características do sistema elétrico das companhias Enel Brasil estão definidas na Tabela 01 e Tabela 02.

Tabela 01: Características Elétricas do Sistema Elétrico

Características	Ceará	Rio	São Paulo
Tipo do sistema	Estrela com neutro solidamente aterrado		
Número de fases AT	3		
Frequência (Hz)	60		
Tensão Nominal do Sistema/Tensão máxima de operação Un/Um (kV)			
– AT1	-	138 /145	
– AT2	69 / 72,5		-
Nível de curto-circuito simétrico (kA)			
– AT1	-	40	
– AT2	31,5		-
Nível Isolamento Um/Uf/Ui kV (NOTA)			
– AT1	-	145 / 230 / 550	145 / 275 / 650
– AT2	72,5 / 140 / 325		-
NOTA:			
Un: Tensão nominal fase-fase do sistema (kVef);			
Um: Tensão máxima do equipamento (kVef);			
Uf: Tensão Suportável de frequência industrial (kVef);			
Ui: Tensão Suportável de impulso atmosférico (kVcrista).			

**Especificação Técnica nº 0022****cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR**

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 02: Condições Ambientais

Característica	Ceará	Rio	São Paulo
Altitude Máxima (m)	1.000		
Temperatura Mínima (°C)	0		
Temperatura Máxima (°C)	+40		
Temperatura Máxima Média (°C)	+25		
Média das Temperaturas Mínimas Diárias (°C)	+20		
Umidade Relativa Média (%)	> 80		
Pressão Máxima do Vento (N/m²)	700		
Velocidade Máxima do Vento (km/h)	110		
Nível de Contaminação (ABNT IEC/TR 60815)	e [Muito Pesada]	e [Muito Pesada]	c [Média]
Nível de Salinidade (mg/cm² dia)	> 0,3502	> 0,3502	-
Radiação Solar Máxima (wb/m²)	1.000		

7.2.3. Planejamento Básico**7.2.3.1. Responsabilidades**

O planejamento básico deve permitir um desenvolvimento progressivo da LDAT, considerando a demanda exigida da linha, dentro da expectativa de crescimento da localidade a ser atendida.

7.2.3.2. Obtenção de Dados da Área do Projeto

Devem ser levantados os aspectos peculiares da área em estudo, observando-se os relacionados a seguir, dentre outros:

- Topografia e obstáculos naturais;
- Grau de urbanização da área;
- Características das edificações;
- Arborização;
- Terrenos de terceiros;
- Planos diretores governamentais;
- Consulta aos órgãos ambientais.

7.2.4. Funcionalidades das instalações

Quanto às instalações das linhas de distribuição de Alta Tensão, observar as seguintes funcionalidades:

- Disposições físicas que permitam realizar a manutenção, substituição de elementos e ampliações futuras, com o mínimo de interrupções de serviço visando, sempre que possível, a manutenção com os equipamentos desenergizados;



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- b) Para linhas críticas, devem ser buscadas configurações que permitam realizar a manutenção, substituição e ampliação aplicando técnicas de trabalho em linhas vivas, com a menor exposição ao risco possível.

7.2.5. Tecnologia

Quanto aos materiais utilizados, devem ser observados os seguintes requisitos:

- a) A escolha dos materiais deve garantir elevada confiabilidade. A qualidade dos materiais deve garantir este pré-requisito mediante as condições, critérios e exigências definidos nos Padrões de Materiais e Especificações Técnicas da Enel Grids;
- b) Escolha de materiais que requeiram a mínima manutenção;
- c) Os materiais devem ter características padronizadas e corresponder aos das linhas normais de fabricação;
- d) Incorporação de materiais com nova tecnologia somente quando se tenha demonstrada suficiente experiência em linhas em operação, e estejam devidamente homologados pela Enel Grids.

7.2.6. Meio Ambiente

Antes da elaboração do projeto, é essencial e obrigatório que o projetista visite o local da obra para que o projeto e a construção da referida LDAT apresentem a maior integração possível com o meio ambiente e cumpram a legislação em vigor. Portanto, devem ser construídas de modo a minimizar o impacto com o ambiente onde for instalada.

Durante as fases de projeto, construção e manutenção, devem ser tomadas as seguintes medidas:

- a) Solicitar licença prévia e de instalação ao órgão de meio ambiente;
- b) Aplicar medidas para atenuar os efeitos negativos durante a construção e manutenção;
- c) Aplicar medidas para minimizar o impacto visual;
- d) Aplicar medidas para atenuar o corte e poda de árvores;
- e) Desenvolver projetos que permitam ampliações com o mínimo de atividades futuras que afetem o meio ambiente;
- f) Alvarás das prefeituras;
- g) Autorização de travessias em rodovias, ferrovias, dutos, aeródromos, outras linhas de transmissão, etc.

7.2.6.1. No Net Loss

No Net Loss, no contexto da gestão ambiental, significa garantir que a biodiversidade de uma região permaneça minimamente a mesma após a implantação de um projeto ou atividade, quanto era antes. Isso é alcançado por meio de uma combinação de estratégias, conforme Figura 02.

- Evitar impactos: Identificar e evitar interferências em áreas com altos valores de biodiversidade.
- Minimizar impactos: Tomar medidas para reduzir a intensidade e a escala dos impactos sobre a biodiversidade.

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Restaurar áreas afetadas: Empreender medidas para restaurar ecossistemas e habitats danificados.
- Compensar impactos residuais: Compensar perdas inevitáveis criando habitats ou melhorando os existentes em outros lugares.

O objetivo é garantir que qualquer perda de biodiversidade causada por um projeto seja totalmente compensada, de modo que não haja perda líquida geral de biodiversidade.

A etapa de elaboração de projetos deve considerar as diretrizes de *No Net Loss (NNL)* prescritas na Policy HLD n. 474 – Biodiversidade, bem como nas instruções de trabalho a nível de GRIDS que definem o perímetro e metodologia de aplicação da NNL, especialmente o conceito de hierarquia de mitigação de impactos, onde:



Figura 02: Hierarquia de Mitigação

Desta forma, os estudos de traçado/escolha de terrenos devem evitar, sempre que possível, áreas ambientalmente protegidas e/ou de habitat natural com presença de biodiversidade significativa. Não havendo possibilidade, deve considerar a aplicação de tecnologias de minimização de impactos ambientais, tais como: utilização de dispositivos de sinalização anticollisão para avifauna, isolamento de condutores, lançamento de cabos por drone/flecha, reduzindo a largura das faixas e a área das praças, linhas/redes subterrâneas, utilização de método não destrutivo (MND), entre outros.

As etapas seguintes da hierarquia de mitigação – Restauração/Compensação – são desenvolvidas pela área de meio ambiente (ENV-BR) e custeadas pelo CAPEX dos projetos em questão.

7.2.7. Condições de Trabalho

Quanto às condições de trabalho, devem ser observados os seguintes itens:

- Facilidade e segurança para as pessoas durante a etapa de construção, manutenção e operação;
- Ausência de obstáculos nas faixas de servidão durante sua operação;
- Identificação das estruturas e circuitos;
- Mapeamento e bloqueio adequado dos riscos elétricos, mecânicos, etc., tanto durante a construção como em qualquer outra etapa de serviço.

7.2.8. Confiabilidade e Custos

Nos projetos de LDAT devem ser utilizados exclusivamente os materiais e equipamentos padronizados nos Padrões de Materiais e Especificações Técnicas, em vigor na Enel Grids e de fabricantes devidamente qualificados, observando:



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- a) Escolha de equipamentos, condutores, isoladores, estruturas e materiais baseados na obtenção dos melhores índices confiabilidade/investimento e aprovados pela Enel Grids;
- b) Escolha de materiais que permitam otimizar qualidade, custos e prazos de construção;
- c) Escolha da configuração dos circuitos que favoreça a confiabilidade do sistema.

7.2.9. Cumprimento das Normas e Regulamentações

Quanto às normas e regulamentações devem ser observados os seguintes itens:

- a) Regulamentos nacionalmente reconhecidos;
- b) Normas de higiene e segurança do trabalho;
- c) Cumprimento deste Critério de Projeto e das referências normativas citadas no Item 4 deste documento, bem como outras normas e regulamentações existentes sobre o assunto, desde que aceitas pela Enel Grids.

Quando os projetos e obras forem realizados por terceiros, a empresa responsável pelo projeto e construção deve sempre consultar a Enel Grids sobre a aplicação deste Critério e outros documentos relacionados à construção de linhas de distribuição de AT, assim como verificar qualquer outro procedimento vigente que seja complementar a este Critério de Projeto.

A utilização de materiais e equipamentos deve ser somente de fabricantes qualificados e com modelo homologado na Enel Grids. Os modelos e fabricantes aprovados na Enel Grids devem ser previamente verificados na unidade de Desenho da Rede Brasil, para que quando de uma fiscalização ou comissionamento por parte da Enel Grids, não ocorra impacto na entrega da linha para energização.

7.3. Traçado das Linhas

7.3.1. Traçado Ideal e Levantamento Preliminar

Uma vez definidos os pontos inicial e final da LDAT, a escolha do traçado ideal é determinada, para a melhor distância, com o intuito de minimizar o impacto no ambiente, bem como os custos e investimentos.

Após um estudo preliminar para identificar as áreas de proteção especial, infraestruturas para atravessar e restrições geográficas especiais, devem ser definidas as possíveis alternativas de caminho.

A escolha correta do traçado será baseada nos seguintes princípios:

- Viabilidade: Os fatores e situações que podem impedir a construção devem ser considerados;
- Unidades restritas, tais como sítios arqueológicos, condições geológicas difíceis, sobrevoos proibidos, aeroportos, etc. devem ser evitados e todas as informações serão reunidas para verificar a viabilidade;
- Serviço normal: minimizar os locais com condições ambientais adversas e que levem a uma maior probabilidade de falha (por exemplo, alta poluição, ocorrência de raios, presença de vandalismo);
- Impacto ambiental: Evitar passar por zonas protegidas e áreas arborizadas, inundadas ou inundáveis. Longas estradas de acesso às torres e com declives/taludes íngremes serão evitadas tanto quanto possível;



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Impacto social: Evitar a construção de linhas em áreas que envolvam transtornos com comunidades próximas (por exemplo, hospitais, escolas) e áreas com urbanização avançada ou em processo de urbanização/loteamento;
- Minimizar o uso de terras privadas para reduzir os custos de indenização;
- Manutenção fácil: unidades com acesso difícil serão evitadas;
- Zonas especiais: Regulamentos locais sobre valores de campos eletromagnéticos para zonas especiais.

Considerando os critérios anteriores, recomenda-se adaptar as seguintes regras ao projeto local:

- Colocar as linhas longe das áreas residenciais, levando em conta futuros projetos residenciais ou comerciais. Analisar planos de empreendimento e propostas imobiliárias em andamento;
- Evitar possíveis áreas de urbanização ou terrenos para construção, pedreiras ou concessões de mineração;
- Evitar locais culturais, histórico-artísticos ou arqueológicos;
- Evitar, na medida do possível, a passagem pelos parques nacionais, com flora e fauna protegidas e áreas de alto valor ecológico;
- Evitar passar por grandes porções de água e florestas com espécies nativas;
- Escolher o traçado mais direto (linha reta), minimizando as mudanças de direção e o número de suportes nos vértices (ângulos);
- Evitar áreas com contaminação frequente (que contenham cinza, ácido ou gás) e locais com movimentação e processamento de minério.

A construção em áreas de servidão deve estar em conformidade com os regulamentos locais (por exemplo, restrições legais, liberações de segurança).

7.3.1.1. Estudo do Rastreamento no Local

Uma vez concluído o estudo dos possíveis traçados, um novo estudo de viabilidade será feito - com uma equipe de topografia - considerando os seguintes itens:

- Atenção especial à localização dos vértices e suportes, evitando dificuldades técnicas para a montagem das torres/suportes;
- Localização das malhas de aterramento, especialmente quando as linhas passarem por solo rochoso;
- Minimizar as atividades e obras necessárias ao acesso às torres/postes;
- Cruzamentos de linhas elétricas existentes, dutos, ferrovias, rodovias, aeródromos, áreas de proteção ambiental, etc.

Além disso, informações devem ser coletadas sobre as propriedades privadas ao longo do traçado, aspectos legais e estimativas de custo para servidão (direito de passagem).

Um layout ideal deve ser o resultado de uma avaliação dos aspectos técnicos, ambientais, sociais e de custo.



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.3.1.2. Estudo de Impacto Ambiental e Social

O projeto da LDAT deve enfatizar o impacto ambiental e social com todas as informações coletadas em relação ao rastreamento e roteamento da linha. O relatório sobre o estudo ambiental deve estar de acordo com o regulamento local. O relatório deve comparar a situação antes, durante e após a execução do projeto, especialmente em relação à flora e fauna, solo, paisagens e impacto visual, instalações e aspectos culturais, bem como o impacto sobre os seres humanos, estradas e tráfego. Além disso, o estudo deve considerar estudos relacionados ao campo elétrico e magnético.

Todas as informações necessárias devem ser obtidas para justificar o estudo de impacto socioambiental, levando-se em consideração que a falta de algum aspecto pode significar um atraso na aprovação do projeto ou mesmo a rejeição do projeto.

Além disso, alguns acessórios e/ou elementos podem ser considerados para proteção da flora, pássaros e fauna contra colisão com as linhas de energia e eletrocussão, especialmente quando indicado nos regulamentos locais.

Conforme Instrução WKI-HSEQ-ENV-22-0327-INBR - Licenciamento Ambiental e Autorizações, os empreendimentos de alta tensão requerem licenciamento ambiental para sua construção, ampliação e reforma, ou certificado de dispensa de licenciamento. A Unidade Environment - HSE deve ser consultada para avaliar as licenças e autorizações ambientais aplicáveis, de acordo com os projetos elaborados, sem a emissão de todas as autorizações, licenças, ou dispensa das mesmas, não é permitido o início das obras.

7.3.2. Locação de Estruturas de Linhas de AT em Torres Metálicas

As estruturas devem ser locadas obedecendo aos seguintes critérios básicos:

- a) Respeitar as distâncias mínimas de segurança especificadas neste Critério de Projeto;
- b) Evitar o uso de estruturas em vias estreitas e sujeitas a trânsito intenso de veículos.

7.3.3. Locação de Postes em Zona Urbana

Os postes devem ser locados obedecendo aos seguintes critérios básicos:

- a) Não locar postes em frente à entrada de garagens e guias rebaixados (meio fio). Deve-se evitar, sempre que possível, a locação dos postes em frente a anúncios luminosos, outdoors, câmeras de segurança dos órgãos de trânsito e de polícia, marquises e sacadas;
- b) Procurar locar os postes, sempre que possível, na divisa dos lotes, ou seja, no limite entre residências, prédios ou terreno, etc.;
- c) Quando não houver posteação, deve ser avaliado qual o lado mais favorável para implantação da LDAT;
- d) Respeitar as distâncias mínimas de segurança especificadas neste Critério de Projeto;
- e) Evitar o uso de postes em esquinas, principalmente em ruas estreitas, e sujeitas a trânsito intenso de veículos, e em esquinas que não permitam manter o alinhamento dos postes;
- f) Observar a mínima largura livre de calçada, conforme NBR 12255 e plano diretor do município.

Nota: Quando não for possível outra posição e o poste esteja sujeito a abaloamento, no projeto já deve ser previsto a implantação de “defensas” para proteção e preservação de terceiros, e do sistema elétrico da Enel

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Grids. A construção de “defensas” deve ser precedida de autorização do Órgão Municipal / Estadual no intuito de se evitar problemas futuros.

7.4. Componentes

7.4.1. Conjuntos de Torres

A principal função da estrutura (suporte/torre) é manter o peso dos cabos, mas também o projeto deve considerar minimizar o possível impacto de qualquer corte de condutor.

Além disso, o projeto deve ser cauteloso em relação ao aumento da solicitação mecânica no condutor, devido à presença de fortes rajadas de vento.

A maneira convencional de lidar com essas situações é propor um conjunto de torres de ancoragem e suspensão, de modo que o impacto na segurança seja mínimo.

A definição da série deve ser orientada de acordo com critérios técnico-econômicos. Em geral, essas séries são compostas da seguinte maneira:

- Circuito simples (CS): 7 (sete) suportes/torres (ver Figura 03).
 - 5 (cinco) suspensão;
 - 2 (dois) tensão (ancoragem).

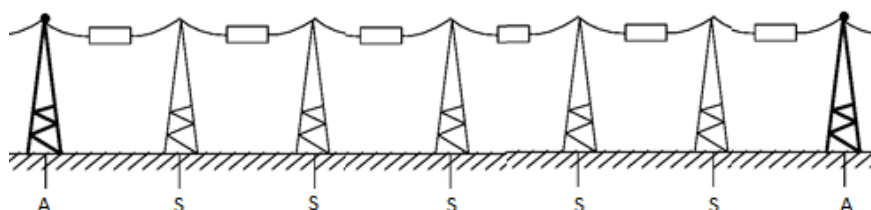


Figura 03: Série de circuitos simples – Tensão de ancoragem (A) e Suspensão (S)

- Circuito duplo (CD): 5 (cinco) suportes/torres (ver Figura 04).
 - 4 (quatro) suspensão;
 - 1 (um) tensão (ancoragem).

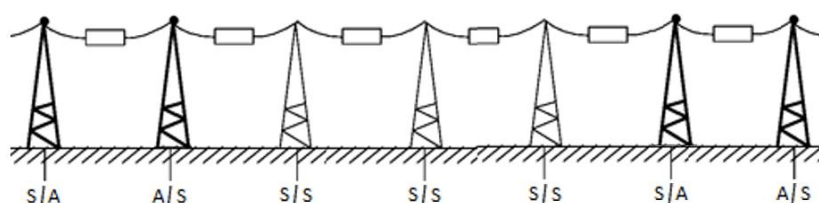


Figura 04: Série de Circuito Duplo – Tensão de ancoragem (A) e suspensão (S)

A composição da série pode ser modificada de acordo com o projeto.

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.4.2. Condutores

Os condutores que devem ser utilizados em novos projetos estão listados nesta seção e devem atender aos requisitos das especificações GSC003 e GSCH007.

A tecnologia do condutor a ser utilizada será:

- Cabo de alumínio com alma de aço (CAA);
- Condutores de alumínio, reforçados com aço revestido de alumínio (CAA / AW);
- Condutor de alta capacidade.

As características serão definidas nas respectivas especificações técnicas. As especificações técnicas indicadas na seção 4 deste documento podem ser usadas como referência.

A seção transversal mínima do condutor deve considerar pelo menos os seguintes requisitos:

- Potência de transmissão exigida em MVA;
- Capacidade térmica em condições normais de operação;
- Capacidade térmica de curto-circuito;
- Queda de tensão no circuito.

As principais características e critérios para cada tipo de condutor são os seguintes:

7.4.2.1. Alumínio com Núcleo de Aço Galvanizado (CAA)

Recomendado em casos de áreas com poluição muito leve, leve ou média. As principais características são mostradas na Tabela 03.

Como referência, deve ser utilizada a especificação global GSC003.

Tabela 03: Características dos condutores de alumínio com núcleo de aço

Tipo	Seção (mm ²)		Fios de alumínio		Fios de aço		Resistência a 20°C (Ω / km)	Corrente Máxima à 75°C	Curto-circuito (0,5s)	Massa (Kg/km)
	Al	Total	Nº	Ø (mm)	Nº	Ø (mm)		(A)	(kA)	
CAA 157 (Partridge)	135,2	156,9	26	2,57	7	2,00	0,2141	374	18	545
CAA 280 (Hawk)	241,7	281,1	26	3,44	7	2,68	0,1944	492	37,6	977
CAA 380 (Gull)	337,3	381,0	54	2,82	7	2,82	0,0857	779	50,9	1275
CAA 455 (Condor)	402,3	454,5	54	3,08	7	3,08	0,0718	876	60,7	1521
CAA 547 (Cardinal)	487,5	547,3	54	3,38	7	3,38	0,0597	992	73,1	1831

7.4.2.2. Condutores de Alumínio, Reforçados com Aço Revestido de Alumínio (CAA / AW)

Recomendado para poluição salina pesada ou muito pesada que possa afetar o aço.

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Este condutor pode requerer graxas, aplicadas nas camadas internas ou externas para melhorar seu desempenho contra a poluição.

As principais características são mostradas na Tabela 04.

Como referência, deve ser utilizada a especificação global GSC003 ilustrada com um exemplo de cabo na Figura 05.

Tabela 04: Características dos condutores de alumínio, com núcleo de aço recoberto de alumínio

Tipo	Seção mm ²		Fios de alumínio		Fios de aço		Resistência a 20°C (Ω / km)	Corrente Máxima à 75°C	Curto-circuito (0,5s)	Massa Kg /km
	Al	Total	Nº	Ø (mm)	(A)	(kA)		(A)	(kA)	
CAA / AW 157 (Partridge)	135,2	156,9	26	2,57	7	2,00	0,2031	374	18	520
CAA/AW 280 (Hawk)	241,7	281,1	26	3,44	7	2,68	0,132	492	37,6	929
CAA/AW 380 (Gull)	337,3	381,0	54	2,82	7	2,82	0,0821	779	50,9	1222
CAA / AW 455 (Condor)	402,3	454,5	54	3,08	7	3,08	0,0688	876	60,7	1458
CAA / AW 547 (Cardinal)	487,5	547,3	54	3,38	7	3,38	0,0572	992	73,1	1756

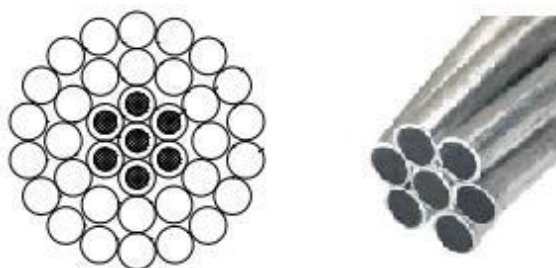


Figura 05: Condutor CAA/AW

7.4.2.3. Condutor de Alta Capacidade

Podem ser usados condutores HTLS de alta temperatura e baixa flecha quando condutores padrão não permitirem: (i) uso das torres existentes (reforma), (ii) restrições de projeto e/ou outras condições especiais. Em qualquer caso, um estudo prévio detalhado deve ser realizado para validar o uso deste condutor em cada projeto.

Como referência, deve ser utilizada a especificação global GSCH007.

Recomenda-se usar as seções definidas na Tabela 05, desde que o projeto permita:


Especificação Técnica nº 0022
cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 05: Condutor de Alta Capacidade

Nome	Unidade (MCM)	Seção AL (mm ²)	Seção Total (mm ²)
LINNET	336,4	170,60	198,40
DOVE	556,5	282,60	328,50
DRAKE	795	402,60	468,00

7.4.3. Cabo Para-Raios com Fibra Óptica (OPGW)

Deve ser instalado cabo para-raios com Fibra Óptica (OPGW) de 48 fibras, e quando necessário para adequação ao nível de curto-circuito, na outra extremidade da mísula pode ser instalado um cabo complementar sem fibra, conforme especificação GSC-005.

7.4.4. Isoladores

Os isoladores de suspensão poliméricos a serem utilizados nas LDAT's devem ser os indicados na Tabela 06. Demais características estão definidas na especificação global GSCH004.

Conforme a necessidade, mediante prévia validação da Enel Grids Brasil, poderá ser utilizado o isolador pilar tipo line-post polimérico para aplicação em estruturas de postes metálicos e concreto, nos modelos indicados na Tabela 07.

Tabela 06: Modelos de isoladores de suspensão

Designação	Un / Um (kV)	GS Code
CS 120 SB-325/1.815	69 / 72,5	GSCH004/1
CS 120 SB-325/2.250	69 / 72,5	GSCH004/2
CS 120 SB-650/3.625	138 / 145	GSCH004/8

Tabela 07: Modelos de isoladores line-post

Designação	Un / Um (kV)	Distância de escoamento (mm)
R 12,5 EH 325 M	69 / 72,5	1815
R 12,5 EO 325 M	69 / 72,5	1815
R 12,5 EH 325 L	69 / 72,5	2300
R 12,5 EO 650 M	138 / 145	3625

**Especificação Técnica nº 0022****cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR**

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.4.5. Ferragens, Para-Raios e Acessórios**7.4.5.1. Ferragens**

Ferragens são os elementos necessários para fixar os isoladores ao suporte (torre/poste) e ao condutor. As ferragens serão definidas de acordo com as especificações técnicas locais ou regionais correspondentes.

As ferragens considerarão um desempenho adequado contra descarga de corona e serão forjados em aço, protegidos da oxidação por um processo de galvanização por imersão a quente.

Condutores de alta capacidade exigem ferragens especiais compatíveis com essa tecnologia. As principais ferragens são:

- Grampos de ancoragem aparafusados ou comprimidos;
- Grampos de suspensão serão do tipo de descarga anti-corona (GSA). É importante aderir ao torque de aperto recomendado, que é projetado para garantir uma carga de deslizamento superior a 20% da carga de ruptura do condutor e para minimizar as tensões de compressão no condutor dentro dos limites aceitáveis.

7.4.5.2. Para-Raios

Este equipamento deve ser considerado para zonas com raios de acordo com o nível cerâmico relativo (raio/km²). As características técnicas dos para-raios devem ser conforme Especificação Técnica Global GSCH-005 da Enel e normas brasileiras aplicáveis.

7.4.5.3. Acessórios

Os acessórios mais importantes são:

- Amortecedores: são usados para proteger os condutores de linha e de aterramento contra efeitos prejudiciais e rupturas prematuras de fadiga de seus fios. Podem produzir fenômenos de vibração mecânica devido ao componente de linha cruzada dos ventos com velocidades entre 1 e 10 m/s. Devido à impossibilidade prática de determinar as condições de vento em cada vão, o uso de amortecedores de vibração será sempre adotado para evitar estes efeitos. O tipo e o número de amortecedores a serem instalados depende do condutor e de suas condições de assentamento, requer um estudo para cada vão. Quando dois amortecedores são necessários por vão, um deve ser colocado em cada extremidade;
- Separadores: são usados para manter a distância entre os condutores de uma fase em um vão. Eles devem ser de liga de alumínio com boas características contra o efeito corona. O torque de aperto será especificado pelo fabricante;
- Emendas: A conexão de condutores e fios terra deve ser feita com juntas comprimidas, com uma resistência mecânica pelo menos igual a 95% da carga de ruptura do cabo e uma resistência elétrica igual ou menor que a de um cabo de mesmo comprimento.
- Esferas de sinalização: Serão colocadas para destacar a presença de linhas elétricas em áreas com alta densidade de tráfego aéreo, seguindo os critérios abaixo e orientações da especificação técnica MAT-PMCB-EeA-22-2070-EDBR - (PM-Br 750.16).

**Especificação Técnica nº 0022****cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR**

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Nos cruzamentos com rodovias, dutos, ferrovias, rios, para evitar acidentes com veículos de transporte aéreo que os percorrem. Devem ser utilizadas, no mínimo, 3 (três) esferas de sinalização. 1 (uma) esfera em cada extremidade do obstáculo (rodovia, ferrovia, etc.) e a terceira no meio entre as esferas das extremidades;
- Em áreas próximas a aeroportos ou com densidade de tráfego aéreo excepcionalmente alta, as esferas devem ser instaladas a cada 30 m em vãos selecionados.
- Marcadores de fio (protetor de pássaros): Sua função é tornar os cabos e condutores mais visíveis para evitar colisões com pássaros, quando solicitado por órgão ambiental. Estes devem ser colocados em condutores de fase e/ou terra.

7.5. Construção**7.5.1. Projeto**

No projeto deve ser informado o sentido da Carga e da Fonte para que a convenção estabelecida em relação às fases seja única durante as etapas de projeto, construção e manutenção.

Essa convenção é definida considerando quando um observador de costas para fonte e olhando de frente para a estrutura, iniciando as fases da esquerda para direita, de cima para baixo, independente da estrutura. Nos casos de circuito duplo, inverter as fases superior e inferior de um dos circuitos.

Em geral, há muitas indicações ambientais e topológicas a serem levadas em consideração no projeto da linha; por esse motivo, a equipe de engenharia local estabelecerá aspectos e considerações extremamente precisos.

O esquema geral para o projeto de uma LDAT é indicado no padrão IEC 60826 e resumido na Figura 06.

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

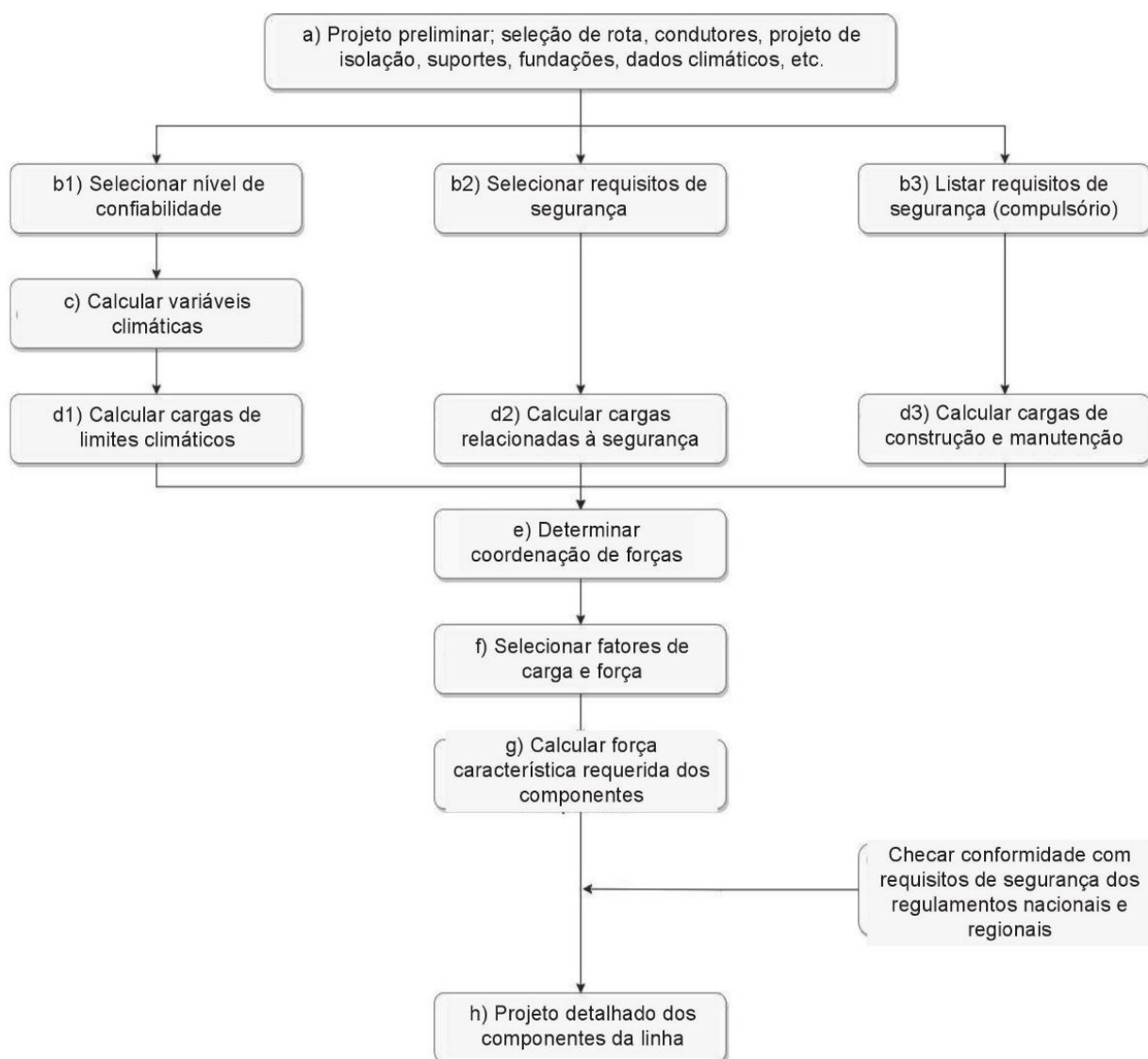


Figura 06: Projeto de linhas de transmissão (IEC 60826)

Deve ainda ser considerado e constar no projeto de uma LDAT as normas brasileiras e internacionais citadas no item 4 deste Critério de Projeto.

7.5.1.1. Coordenação de Isolamento

A norma NBR 8841 será a referência para o estudo dos vãos livres, para definir os parâmetros das estruturas. Além disso, o estudo requer os parâmetros climáticos, os níveis de poluição e o tipo de solo em que as linhas estão localizadas.

Para a elaboração dos estudos de coordenação de isolamento, deve-se observar as normas NBR 6939, NBR 8186, IEC 60826 e EN 50341.

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Os isoladores de AT estão indicados na seção 7.4.4 e os requisitos de vãos livres em relação ao risco humano são considerados na seção 7.5.3.

7.5.1.2. Solicitação Mecânica

O projeto mecânico da linha de AT (por exemplo, condutores, isoladores, torres) deve estar de acordo com os regulamentos e leis locais e orientações da NBR 5422.

De acordo com o projeto das principais estruturas e elementos de linha, o diagrama apresentado abaixo na Figura 07, poderia ser usado como referência. Os parâmetros geométricos considerados para o projeto são conforme dados da Equação 01:

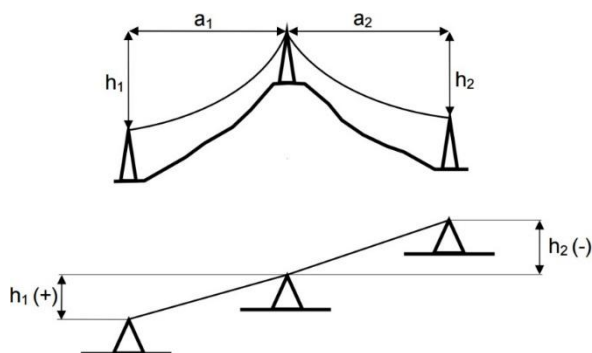


Figura 07: Ilustração para determinação do K

$$K = \frac{h1}{a1} + \frac{h2}{a2}$$

Equação 01: Constante K

Onde,

- K Constante altimétrica dimensional, o valor deste parâmetro é obtido com referência à Figura 07, obtido através da Equação 01.

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

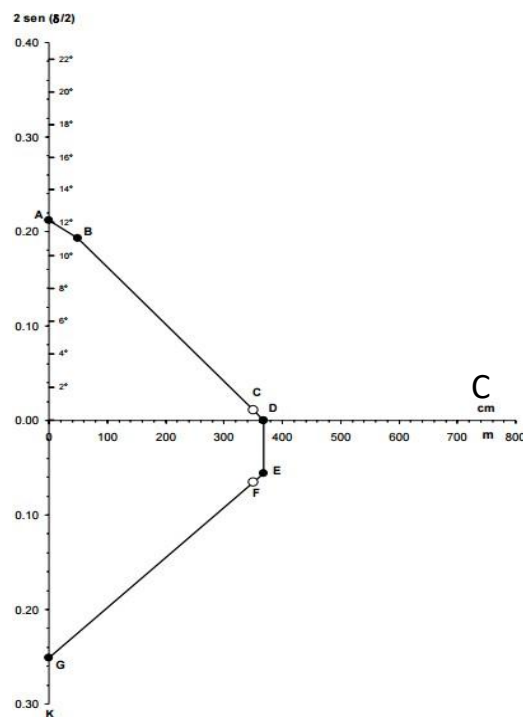


Figura 08: Exemplo de Diagrama de carga de Trabalho

A Figura 08 define:

- C_m Vão médio (metros);
- δ Ângulo de desvio no ponto de localização da torre;
- No desenho ($C_m\delta$), um grupo de pontos P que corresponde a uma ação transversal total (T) não superior à do cálculo de suporte;
- No campo do desenho (C_mK), um conjunto de pontos Q que têm uma ação vertical total (P) não maior que a do cálculo de suporte.

Fórmulas para o cálculo são as seguintes:

$$\text{Transversal} = T = v \times C_m + 2 \sin\left(\frac{\delta}{2}\right) \times T_0 + t'$$

$$\text{Vertical} = P = p \times C_m + K \times T_0 + p'$$

Equação 02: Cálculo de ação Transversal e Vertical

Onde:

- v Empuxo do vento no condutor por metro;
- p Peso do condutor por metro;
- t' Empuxo do vento em isoladores e grampos;
- T_0 Tensões de tração horizontais máximas.

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Os suportes/torres podem ser usados caso pontos ($C_{mi\delta_i}$) y (C_{miK_i}) estejam incluídos respectivamente nos campos transversal e vertical.

Também é necessário verificar se a tração horizontal a 20/15°C em áreas com altitudes ≤ 1000 [m] ou 10°C em zonas > 1000 [m] EDS não excede 20% da carga de ruptura do condutor em questão.

Também devem ser verificados os carregamentos nas estruturas pela ação dos ventos e temperatura, as condições de arrancamento da estrutura, como nos casos dos postes/torres localizados em declives, taludes, etc.

7.5.2. Conexão com a Linha de AT Existente

Os esquemas e indicação de utilização são demonstrados na GRI-GRI-GUI-E&C-0011 e segue ilustrado conforme Figura 09, para o Brasil deve ser aplicado os padrões de conexão estabelecidos no documento CNC-NDBR-DBR-19-0407-EDBR.

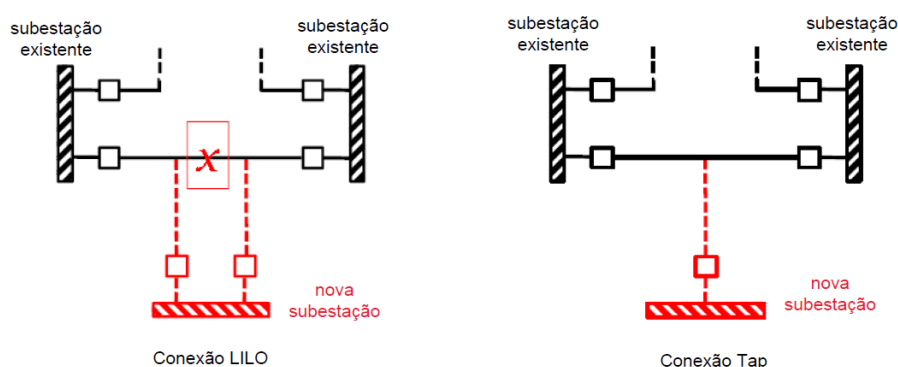


Figura 09: Esquema de Linhas AT

A derivação de uma nova linha a partir de uma existente contempla os seguintes casos:

- Derivação dupla ou entrada e saída (LILO), de uma linha de circuito simples, através de uma torre única, ver Figura 10.

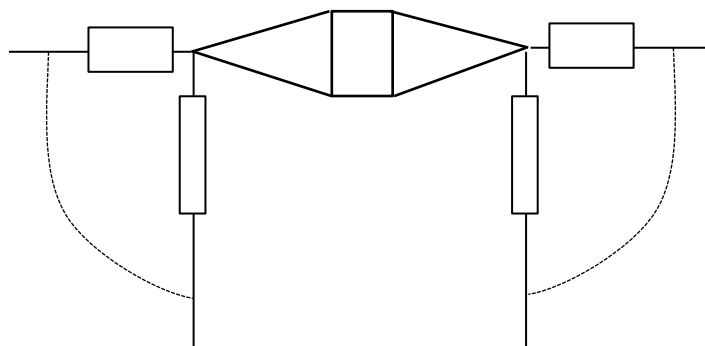


Figura 10: Esquema de contorno de circuito único

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Derivação dupla ou entrada e saída (LILO), de uma linha de circuito simples, através de duas torres (ver Figura 11), preferível caso a manutenção de uma única torre faça com que as subestações derivadas sejam desenergizadas.

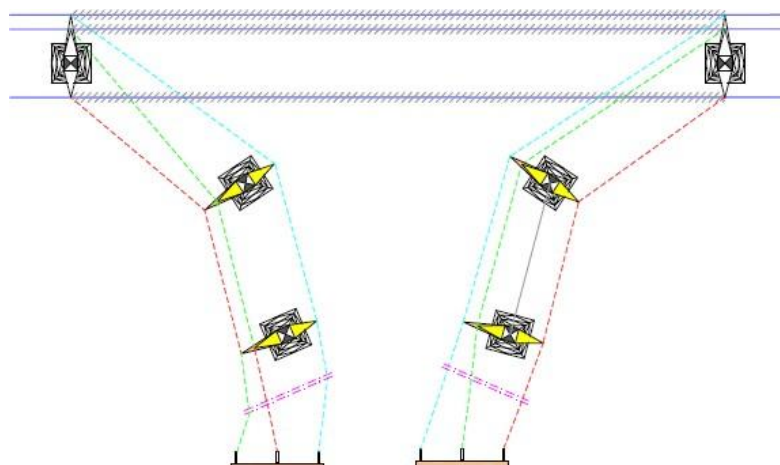


Figura 11: Esquema de contorno de circuito único através de duas torres

- Derivação direta de uma linha de circuito duplo ver Figura 12.

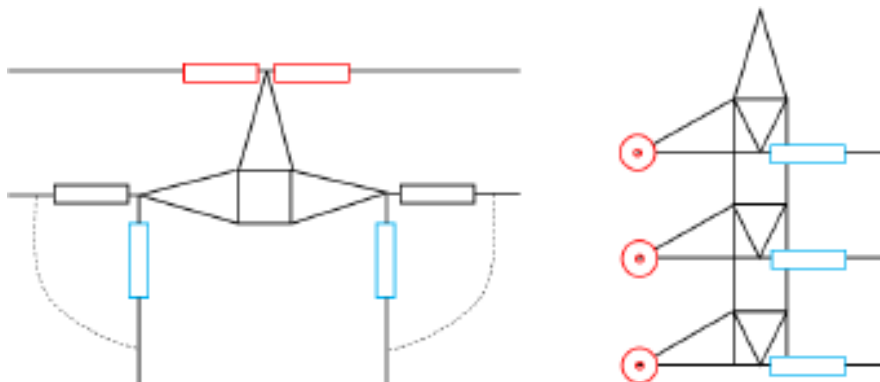


Figura 12: Esquema de contorno de circuito duplo

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Derivação na transposição de uma linha de circuito duplo ver Figura 13.

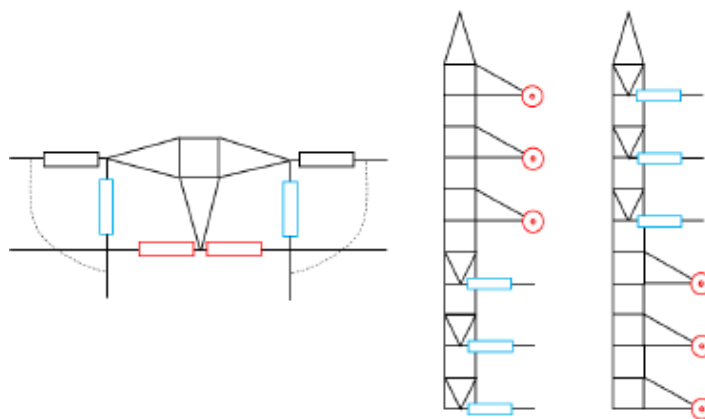


Figura 13: Derivação dupla do circuito no esquema de transposição

A derivação na transposição deve considerar aspectos de acesso para manutenção, confiabilidade e segurança.

As fases do circuito não devem ser cruzadas por outros circuitos. Caso haja derivação do circuito mais desfavorável num circuito duplo, os circuitos devem estar em níveis diferentes. Isto é válido quando o trabalho com a linha energizada não for possível.

7.5.3. Vãos Livres, Cruzamento e Paralelismo

As distâncias de segurança são os afastamentos mínimos recomendados do condutor e seus acessórios energizados e quaisquer partes, energizadas ou não, da própria linha, do terreno ou dos obstáculos atravessados conforme prescrições constantes das seções subsequentes. Os vãos livres indicados neste documento e as orientações da NBR 5422 devem ser considerados obrigatórios.

A distância mínima de segurança do condutor ao solo ou obstáculos, deve ser verificada nas condições mais desfavoráveis de flecha, considerando o envelhecimento do condutor por um período mínimo de 10 anos, em condições sem vento, em horário de temperatura máxima ambiente e máximo carregamento, bem como, após um período mínimo a ser considerado que possibilite a acomodação do cabo após os trabalhos de montagem.

As plantas de travessias devem ser elaboradas baseadas nas normas dos órgãos afetados pela travessia e devem ser submetidas a aprovação dos mesmos. O desenho da planta de travessia deve ser elaborado conforme modelo apresentado no Desenho 01 – Travessia – Modelo Anexo 8.6.

Na Tabela 08 são fixadas as distâncias mínimas de segurança que devem ser consideradas e aplicadas no projeto e construção da LDAT.

As seguintes distâncias de segurança devem ser consideradas:

- a) Distâncias ao solo (nível do solo);
- b) Distâncias de estradas e ferrovias sem eletrificação: a altura mínima definida é entre condutores no nível da estrada ou nas cabeças dos trilhos, no caso de ferrovias sem energia;
- c) Distâncias de ferrovias eletrificadas, bondes e trólebus: altura mínima dos condutores das linhas elétricas nos cabos ou condutores da linha de contato;

**Especificação Técnica nº 0022****cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR**

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- d) Distâncias dos teleféricos: distância vertical mínima entre os condutores das linhas de energia e a parte mais alta dos cabos transportadores;
- e) Distâncias de rios navegáveis ou flutuantes: altura mínima dos condutores na superfície da água para o nível máximo que pode alcançar, mais a escala (G) que corresponde às dimensões máximas dos barcos que podem navegar. Se G não estiver definido, um valor mínimo de referência de 4,7 m pode ser utilizado;
- f) Passando por florestas e bosques: ao passar sobre árvores, uma zona livre de qualquer vegetação será aberta para evitar um incêndio, somente se houver autorização do órgão competente, estabelecendo uma zona de proteção da linha, que é definida pela zona de servidão, aumentada por uma distância de segurança;
- g) Distância a edifícios e áreas urbanas: as linhas não podem ser construídas acima de edificações ou instalações industriais;
- h) Distâncias em cruzamentos com linhas elétricas e de telecomunicações: É necessário garantir que a passagem seja realizada próximo a um dos suportes da linha mais alta. A distância entre os condutores da linha inferior e as partes mais próximas aos suportes da parte superior deve cumprir os requisitos regulamentares de cada região;
- i) Linhas de cruzamento: distâncias entre condutores e entre condutores e um fio terra. A distância mínima deve ser considerada entre os condutores de ambas as linhas nas condições mais desfavoráveis, bem como a distância entre o fio terra da linha inferior, se equipado, e os condutores da linha de tensão mais alta;
- j) Paralelismo: devem ser todas as precauções de segurança quando ocorrer longos trechos de paralelismo da linha com cercas, alambrados, tubulações de gás, adutoras de água no sentido de mitigar impactos de indução eletromagnética e acidentes com a população.



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 08: Espaçamento e Distâncias de Segurança para LDATs

Natureza da Região ou Obstáculo Atravessado pela LDAT ou que dela se aproxime	Distância “D” Mínima do Condutor (m)		N.º do Desenho
	69 kV	138 kV	
	Distância Permitida	Distância permitida	
Locais acessíveis apenas a pedestres	6,0	6,4	02
Locais onde circulam máquinas agrícolas	6,5	6,9	
Rodovias, ruas e avenidas	8,0	8,4	03
Ferrovias não eletrificadas	9,0	9,4	04
Ferrovias eletrificadas ou com previsão de eletrificação	12,0	12,4	
Suporte de linha pertencente à ferrovia	4,0 (NOTA 1)	4,4 (NOTA 1)	
Águas navegáveis	H + 2,0 (NOTA 2)	H +2,4 (NOTA 2)	05
Águas não navegáveis	6,0	6,4	
Linhas de Energia Elétrica	(NOTA 3)	(NOTA 3)	06
Linhas de Telecomunicações	2,0	2, 2	
Paredes	3,0 (NOTA 4)	-	07
Telhados, terraços ou sacadas (não acessíveis a pedestres)	4,0	-	
Telhados, terraços ou sacadas (acessíveis a pedestres)	6,0	-	
Instalações transportadoras (Ex.: teleféricos)	3,0	3,4	08
Veículos rodoviários e ferroviários	3,0	3,4	
NOTA 1: Distância mínima exigida na NBR-5422.			
NOTA 2: O valor H corresponde à altura, em metros, entre a superfície da água e o topo do maior mastro. Este valor deve ser fixado pela autoridade responsável pela navegação na via considerada, levando-se em conta o nível máximo de cheia ocorrida nos últimos 10 anos.			
NOTA 3: Para as distâncias mínimas de travessia entre linhas de energia elétrica, deve-se seguir da tabela 5 e o item 10.3.1.4 conforme NBR-5422, levando em consideração todas as possíveis variações para o cálculo.			
NOTA 4: A distância informada é para uma parede que pode ser cega ou que venha a ter uma janela no futuro, conforme NBR-5422.			

7.5.3.1. Travessia sobre Locais Acessíveis Apenas a Pedestres ou Onde Circulam Máquinas Agrícolas

A distância de segurança que corresponde à altura do condutor da LDAT ao solo em locais acessíveis somente a pedestres e locais onde circulam máquinas agrícolas deve ser conforme o Desenho 02 – Distâncias Mínimas de Segurança – Travessia sobre Locais Acessíveis apenas a Pedestres ou onde circulam Máquinas Agrícolas (Anexo 8.7).



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.3.2. Travessias sobre Rodovias, Ruas e Avenidas

A distância de segurança dos condutores à superfície do solo na condição de flecha máxima nos trechos da LDAT sobre rodovias, ruas e avenidas deve ser conforme o Desenho 03 – Distâncias Mínimas de Segurança – Travessia sobre Rodovias, Ruas e Avenidas (Anexo 8.8). Além da distância de segurança, a LDAT deve atender aos seguintes requisitos:

- a) O projeto de LDAT deve evitar ao máximo possível as travessias;
- b) As estruturas de travessia sobre rodovias e avenidas devem ser obrigatoriamente de amarrações;
- c) A execução de travessia deve ter uma autorização prévia do órgão responsável;
- d) O ângulo mínimo entre os eixos da LDAT e da rodovia deve ser 15°, conforme norma NBR 5422 e detalhado no Desenho 03 – Distâncias Mínimas de Segurança – Travessia sobre Rodovias, Ruas e Avenidas (Anexo 8.8);
- e) As estruturas devem ser colocadas fora da faixa de domínio das rodovias, sempre que possível em posição tal que a distância medida sobre a superfície do terreno, da estrutura à borda exterior do acostamento, seja maior que a altura da estrutura.

Em casos excepcionais, mediante acordo com a entidade responsável pela rodovia, as estruturas podem ser colocadas à distância inferiores às apresentadas na alínea “e)” e até mesmo dentro da faixa de domínio das rodovias ou nos canteiros centrais de rodovias com pistas múltiplas.

7.5.3.3. Travessias Sobre Ferrovias

A distância de segurança que corresponde à altura mínima do condutor da LDAT sobre ferrovias não eletrificadas deve ser conforme Tabela 8. Além da distância de segurança, a LDAT deve atender aos seguintes requisitos:

- a) Para a execução da travessia, deve ser previamente solicitado um termo de permissão ao órgão responsável;
- b) A travessia deve ser projetada conforme o modelo apresentado no Desenho 04 – Distâncias Mínimas de Segurança – Travessia sobre Ferrovias (Anexo 8.9) e norma NBR 5422;
- c) As estruturas de travessia sobre vias férreas devem ser obrigatoriamente de amarrações;
- d) As estruturas devem ser colocadas fora da faixa de domínio das ferrovias e em posição tal que a menor distância medida sobre a superfície do terreno, do suporte ao trilho mais próximo, seja maior que a altura da estrutura;
- e) Sempre que possível às travessias sobre áreas das estações ferroviárias não devem ser projetadas. Em casos excepcionais, mediante acordo com o órgão responsável pela ferrovia a LDAT pode ser projetada.

Em travessia de LDAT quando a ferrovia for existente, deve ser previsto uma malha de terra sobre a ferrovia exatamente no trecho da travessia, isso para proteger a ferrovia de um eventual rompimento do condutor sobre a linha férrea. O projeto da malha, assim como os custos envolvidos, deve ser acordado entre a Enel Grids Brasil e o órgão responsável pela ferrovia antes do projeto e construção da travessia da LDAT.



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.3.4. Travessias Sobre as Águas Navegáveis ou Não Navegáveis

A distância de segurança, que corresponde à altura do condutor da LDAT na condição de flecha máxima sobre águas navegáveis e para águas não navegáveis deve ser conforme o Desenho 05 – Distâncias Mínimas de Segurança – Travessia sobre Águas Navegáveis ou Não Navegáveis (Anexo 8.10). Além da distância de segurança, a LDAT deve atender aos seguintes requisitos:

- a) As estruturas de travessia sobre águas devem ser obrigatoriamente de amarração;
- b) O ângulo mínimo entre o eixo da LDAT e o curso de água deve ser de 15°, conforme Desenho 05 – Distâncias Mínimas de Segurança – Travessia sobre Águas Navegáveis ou Não Navegáveis (Anexo 8.10) e norma NBR 5422.

7.5.3.5. Travessia sobre Linhas e Redes

A distância de segurança que corresponde à altura mínima do condutor da LDAT, sobre linhas de distribuição aéreas de Alta Tensão e redes de distribuição de Média Tensão, ou redes de telecomunicações deve ser calculada conforme especificado na norma NBR 5422. Na Tabela 08 são apresentados os valores das distâncias, e no Desenho 06 (Anexo 8.11) os detalhes. Além da distância de segurança, a LDAT deve atender aos seguintes requisitos:

- a) O ângulo mínimo entre os eixos das redes de telecomunicações, rede de distribuição de média tensão ou LDAT deve ser de 15°, conforme especificado no Desenho 06 – Distâncias Mínimas de Segurança – Travessia sobre Linhas e Redes e na NBR 5422;
- b) A LDAT de mais elevada tensão deve sempre ser projetada em nível superior;
- c) Sempre que uma LDAT projetada estiver em nível superior a uma outra LDAT, rede de distribuição ou redes de telecomunicações, o projeto deve atender aos requerimentos da norma NBR 5422;
- d) Para travessias com LDAT existentes de tensão superior à LDAT projetada, está deverá ser feita sob a LDAT existente;
- e) Admite-se o cruzamento de duas LDATs numa mesma estrutura em níveis diferentes, desde que controladas possíveis vulnerabilidades dessa estrutura à acidente de trânsito (na própria estrutura), garantido acesso para manutenção das conexões, distâncias de segurança, isoladores, etc.
- f) A Tabela 08 deste critério define a distância básica construtiva quanto a travessia entre linhas de energia elétrica ou telecomunicações, porém quanto ao processo de construção, manutenção e qualquer intervenção necessária, deve-se levar em consideração na análise preliminar de risco, a distância de segurança conforme especificado na NR 10 do Ministério de Trabalho e Emprego. Assim sendo necessário a elaboração de procedimentos que elimine ou controle o risco para a atuação em zona livre, zona controlada e de risco.

7.5.3.6. Distância de LDAT para Paredes, Telhados, Terraços ou Sacadas

A distância de segurança que o projetista deve prever entre o condutor da LDAT e uma parede deve ser no mínimo 3m para tensões até 69kV, conforme apresentado no Desenho 07 – Distâncias Mínimas de Segurança – LDAT próxima a Paredes, Telhados, Terraços ou Sacadas, em anexo (Anexo 8.12). Enquanto à distância de segurança que o projetista deve prever entre o condutor da LDAT e um telhado, terraço ou sacada não acessível à pedestres deve ser de no mínimo 4m para tensões até 69kV, conforme apresentado no Desenho



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

07 – Distâncias Mínimas de Segurança – LDAT próxima a Paredes, Telhados, Terraços ou Sacadas (Anexo 8.12).

As distâncias indicadas no Desenho 07 – Distâncias Mínimas de Segurança – LDAT próxima a Paredes, Telhados, Terraços ou Sacadas (Anexo 8.12) para terraços, telhados ou sacadas não são válidas para os casos em que os mesmos sejam acessíveis a pessoas. Em nestes casos, a distância de segurança da LDAT ao terraço, telhado ou sacada deve ser no mínimo 6m para tensões até 69kV. As distâncias devem ainda ser aumentadas convenientemente, se isso se fizer necessário, em vista da existência de equipamentos como guindastes ou andaimes, piscinas, jardins, ou da execução de trabalhos de conservação, extinção de incêndios, etc.

É possível projetar uma LDAT transformando ou modificando um local acessível às pessoas em local não acessível às pessoas mediante acordo por escrito com os clientes interferidos, seja por meio da instalação/construção de grades aterradas e paredes, e, com isso, manter as distâncias de segurança recomendadas como forma de otimizar um determinado traçado, desde que seja viável tecnicamente.

Caso a tensão seja acima de 69kV ou a altitude esteja acima de 1000 metros, todas as distâncias indicadas no Desenho 07 – Distâncias Mínimas de Segurança – LDAT próxima a Paredes, Telhados, Terraços ou Sacadas (Anexo 8.12) devem ser acrescentadas conforme orientações da NBR 5422.

7.5.3.7. Distância de LDAT para Instalações Transportadoras, Veículos Rodoviários e Ferroviários

A distância mínima de segurança que o projetista deve prever entre o condutor da LDAT e instalações transportadoras (teleféricos, bondinhos, etc.), veículos rodoviários e ferroviários deve ser conforme o Desenho 08 – Distâncias Mínimas de Segurança – LDAT próxima a Instalações Transportadores, Veículos Rodoviários e Ferroviários (Anexo 8.13).

7.5.4. Fundações e Torres

7.5.4.1. Fundações

Estudos geológicos, testes de campo e de laboratório devem ser realizados para determinar as características geomorfológicas e a capacidade de suporte do solo. Estes estudos são realizados com uma amostra dos pontos selecionados para a localização das estruturas (por exemplo, torres, postes).

Cuidados devem ser tomados com locais onde o nível do lençol freático for raso, ou o solo for altamente propenso a inundações, secas e rachaduras. Nesse caso podem ser realizadas obras de engenharia para rebaixamento do lençol freático e prevenção contra inundações, desde que viável tecnicamente.

O cálculo do dimensionamento da fundação deve ser realizado, considerando os resultados do estudo geológico, a capacidade de suporte do solo, as características de acidez e outras.

Para o cálculo e o projeto da fundação, devem ser obtidas as reações máximas à compressão, tração na torre e esforços horizontais do solo da hipótese de carga de trabalho mais severa.

O tipo de fundação a ser utilizada deve estar de acordo com o tipo de solo encontrado de forma a garantir o suporte e a transferência para o solo das solicitações mecânicas, podem ser utilizadas fundações tipo grelha ou concretada como tubulão, sapata ou bloco com estaca raiz e com estacas helicoidais.

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.4.2. Estruturas

Devem ser utilizadas torres metálicas definidas conforme especificação GSCS001. Postes metálicos e/ou concreto (PM-Br 314.01.0 e GSCS002) podem ser utilizados em ambientes com restrição de espaço para fundação (zona urbana) ou quando existir contaminação ambiental severa.

Como padrão, devem ser utilizadas estruturas metálicas apresentadas na Figura 14.

Os postes devem ser instalados o mais retilíneo possível em relação à plano vertical.

Exemplos de postes de aço e concreto também podem ser visualizados na Figura 14.

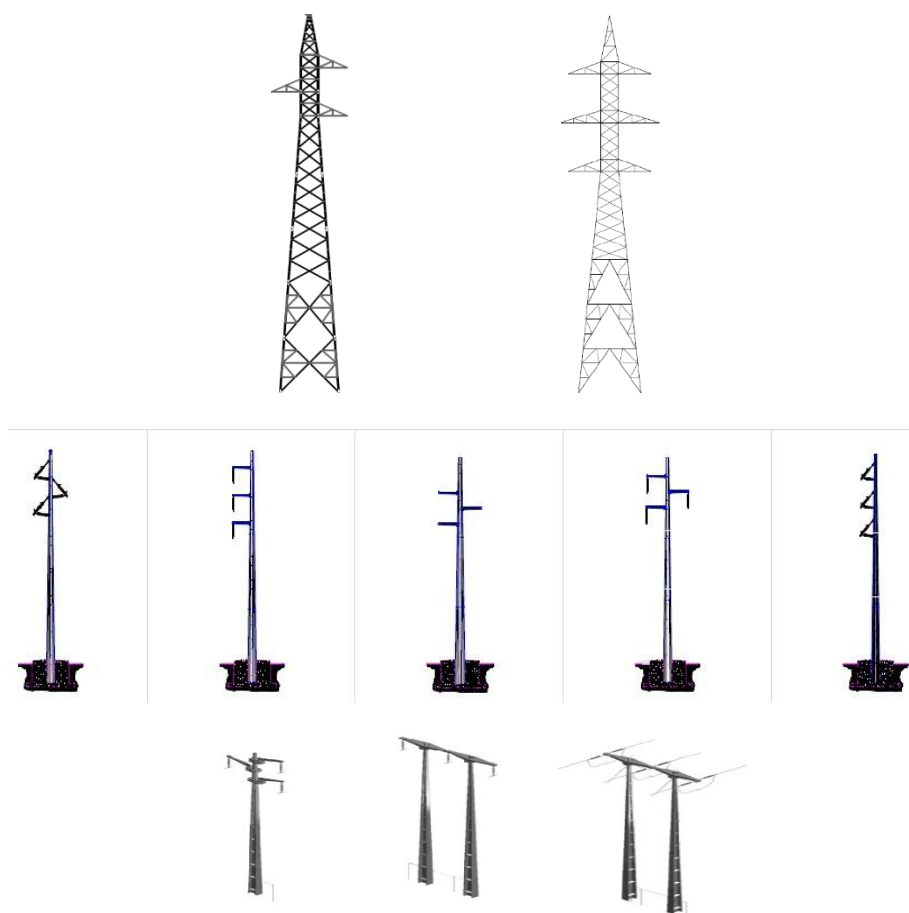


Figura 14: Exemplos de postes de aço e concreto

Não é permitido a utilização de estai para reforço mecânico das estruturas.

O material de aço das torres de treliça deve estar de acordo com a especificação GSCS001.

As estruturas devem ser projetadas para suportar as condições de:

- Carga normal (condutores em perfeitas condições);
- Situações anormais (ruptura do condutor);
- Manutenção (cargas de trabalho e montagem);

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Cargas de assentamento de condutores;
- Ventos extremos.

As estruturas de suporte utilizadas serão principalmente para circuitos simples ou duplos conforme ilustração na Figura 15.

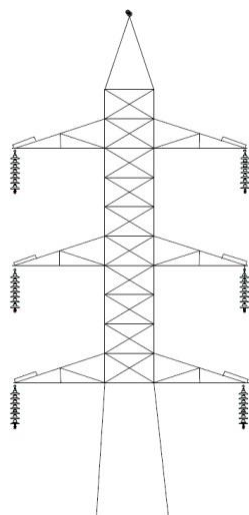


Figura 15: Esquema de Circuito Duplo

Referência de acordo com a função de estrutura, podem ser classificados da seguinte forma:

- Suspensão: Suporte/Torre com cadeia de suspensão;
- Ancoragem ou tensão: suporte com cadeias de suspensão destinadas a fornecer um ponto firme na linha. Deve garantir que esses pontos limitem a propagação de esforços longitudinais de caráter excepcional (ruptura do condutor, rajadas de vento, etc.);
- Terminal (Linha de início ou fim): O primeiro e último suportes da linha, com cadeias de suspensão de amarração, devem suportar - na direção da linha longitudinal - a carga mecânica de todos os condutores e cabos de aterramento em uma única direção;
- Especiais: Estruturas com função diferente da indicada anteriormente.

Nos casos de mudanças na direção da linha, suportes de ângulo, as estruturas devem ser projetadas como suportes de ancoragem, não permitindo novos suportes de suspensão de ângulo.

Durante os trabalhos de execução ou para suportes não modificados existentes, serão permitidos ângulos pequenos ($<5^\circ$) em suportes com correntes de suspensão, somente se puderem suportar as tensões mecânicas a que estarão expostos e obedeçam a distância mínima das fases para a estrutura.

Além disso, os suportes com cadeias de amarração serão sempre projetados como suportes de ancoragem.

Quando as estruturas estão localizadas adjacentes a interseções rodoviárias menores que 1,5 m, medidas da torre até a borda da faixa de rodagem, as estruturas devem ser protegidas com defensas de concreto ou aço sinalizadas adequadamente, desde que sejam respeitados os limites de ocupação das calçadas.



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.6. Aterramento

7.6.1. Linhas de Distribuição AT em Torres Metálicas

7.6.1.1. Considerações Gerais

Todas as estruturas da linha de transmissão devem ser conectadas individualmente a um sistema de aterramento. A conexão do esquema à torre/estrutura deve ser condicionada de acordo com as medidas de resistividade do solo obtidas. O sistema de aterramento preferido será haste de aterramento.

Este sistema será articulado com grampos e condutores de aço cobreado para a torre (poste). A extremidade superior do solo deve ter pelo menos 0,8 m de profundidade. Nesta profundidade, os condutores de conexão entre as hastes de aterramento e o suporte também serão incluídos.

No entanto, a parte visível do condutor de aço cobreado, até a junta, deve ser protegida, e a junta com a haste de aterramento enterrada será coberta com pasta de isolamento para evitar que a umidade oxide a ligação.

O projeto da malha de aterramento deve garantir a segurança das pessoas, mantendo o potencial elétrico dentro dos limites de segurança em caso de falhas. As tensões de passo e de toque devem ser mantidas em valores toleráveis para o corpo humano e de acordo com as normas NBR 15751 e NBR 15749.

7.6.1.2. Medição da Resistividade do Solo

Uma das condições para que um sistema elétrico de potência opere corretamente, mantendo a continuidade de serviço e a segurança, é que o neutro do sistema e demais partes metálicas não energizadas, estejam devidamente aterrados.

O projeto das LDAT's em torres metálicas deve prever em cada estrutura, 4 (quatro) pontos de terra, um em cada pé da torre, visando atingir uma resistência de aterramento de pé de torre o mais próximo possível de 20Ω , seguindo o modelo de aterramento rural e urbano, mas podem ser feitos estudos adicionais, caso não seja atingido esse valor.

Para atingir a finalidade que se destina, um sistema de aterramento deve atender e proporcionar os seguintes requisitos:

- a) Manter valores de tensão estrutura-terra dentro do nível de segurança, no caso de as partes metálicas serem acidentalmente energizadas;
- b) Proporcionar um caminho de escoamento para a terra das descargas atmosféricas ou sobre tensões provocadas por manobras de equipamentos, fixando a tensão de isolamento a valores determinados;
- c) Permitir aos equipamentos de proteção isolar rapidamente as falhas à terra;
- d) Proporcionar o escoamento para a terra da eletricidade estática gerada, por equipamentos ou por indução, evitando o faiscamento.

A resistividade do solo varia de acordo com o tipo de solo e, durante a fase de projeto da LDAT, devem ser realizadas no mínimo 2 (duas) medições de resistividade em cada tipo de solo existente ao longo da mesma.

Caso os tipos de solos existentes ao longo da LDAT, seja praticamente o mesmo, pode existir diferença de valor de resistividade do solo devido às áreas mais baixas, onde existe presença de lagoas, açudes ou até mesmo rios, diferentes de outras áreas totalmente áridas. Nestes casos, recomenda-se que, pelo menos,



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

devem ser efetuadas medições em trechos da LDAT, escolhidos de forma que as medições sejam representativas em relação a quantidade de estruturas previstas.

7.6.1.3. Tipo de Aterramento

A partir dos valores obtidos nas medições, o projetista deve elaborar um memorial de cálculo, definindo o comprimento do contrapeso (condutor de interligação entre as hastes) e a quantidade de hastes necessárias, e o tipo de aterramento para cada estrutura.

Antes e após a instalação dos contrapesos, a executora deve efetuar as medições da resistência de terra em cada estrutura.

O preço unitário a ser faturado deve ser por estrutura, estando incluído no mesmo todas as medições necessárias para se chegar ao valor final de aterramento determinado pela Enel Grids Brasil.

Devem ser seccionadas e aterradas as cercas transversais à LDAT, conforme Desenho 10 – Seccionamento de Cercas. Este serviço deve ser realizado após o lançamento dos cabos.

As cercas abertas ou danificadas durante a construção da LDAT devem ser recompostas com mourões e arames novos e de boa qualidade, devendo os arames ser bem esticados para receber o seccionamento e aterramento. Deve ser utilizado o mesmo número de fios de arame existente.

Nota: No fundo de cada cava das torres com fundação metálica (grelha), deve ser instalada uma haste de aterramento e fio contrapeso suficiente para interligação ao pé da torre. Nas torres com fundação estacada o fio contrapeso deve ser interligado às estacas.

7.6.1.4. Material de Aterramento

O projetista deve utilizar no aterramento das estruturas os materiais e critérios definidos neste documento, especificados nos itens a seguir.

7.6.1.4.1. Haste de Aterramento e Conector

A haste de aterramento deve ser de aço cobreado, circular, 13x2000mm, conforme especificação MAT-PMCB-EeA-22-2091-EDBR (PM-Br 800.01.4) e instalada com o conector cunha de aterramento (conforme especificação MAT-OMBR-MAT-18-0051-EDBR (PM-Br 710.07).

7.6.1.4.2. Profundidade da Haste de Aterramento

A haste de terra deve ser fincada no solo de maneira que a sua extremidade superior fique a uma profundidade mínima de 80 cm da superfície do solo (Caso não seja possível atingir a profundidade mínima deve ser instalada haste adicional).

7.6.1.4.3. Condutor

Para o contrapeso, deve ser utilizado condutor de aço cobreado de seção nominal mínima de 35mm² ou determinada em projeto conforme especificação PM-Br 805.02.3.



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.6.1.4.4. Critérios para o Aterramento de Estruturas

A configuração da malha deve, sempre que possível, atender aos seguintes critérios:

- a) A malha deve sair de cada pé de torre o cabo contrapeso de 30 m de extensão, ficando uma haste em cada final da extensão do cabo;
- b) Quando o valor da resistência de terra for maior que 20 Ω (ohms) deve ser usado o cabo contrapeso de 60 m, ficando também uma haste em cada final da extensão do cabo;
- c) A malha deve ficar do lado oposto a via de trânsito;
- d) O projeto da malha deve garantir que a resistência equivalente do solo atinja um valor o mais próximo possível de 20 Ω (ohms) ou menor.

7.6.1.5. Aterramento e Seccionamento de Cercas

No aterramento de cercas deve ser utilizada 1 (uma) haste de terra afastada da base do mourão a uma distância nunca inferior a 1 metro.

O seccionador pré-formado utilizado em seccionamento de cercas de arame deve ser especificado, conforme Desenho 10 – Seccionamento de Cercas (Anexo 8.15).

7.6.1.5.1. Aterramento de Cercas em Unidades Urbanas

As cercas em áreas urbanas, localizadas no mesmo lado da posteação da LDAT devem obedecer aos seguintes critérios:

- a) Cercas paralelas a LDAT até 50 m: aterrar no ponto central da cerca;
- b) Cercas paralelas a LDAT, com comprimento acima de 50 m: fazer o seccionamento a cada 50 m e aterrar no ponto central do vão seccionado. Quando no último vão da cerca tiver fração inferior a 15 m, o seccionamento da cerca deve ser no final da mesma;
- c) Cercas transversais ao traçado da LDAT devem ser seccionadas.

7.6.1.5.2. Aterramento de Cercas em Unidades Rurais

O aterramento das cercas em áreas rurais deve obedecer aos seguintes critérios:

- a) Todas as cercas que correm em paralelo com a LDAT, a uma distância igual ou inferior a 30 m entre o condutor e o arame mais próximo devem ser seccionadas a cada 500 m e aterradas a cada 250 m, fazendo coincidir os aterramentos próximos ao seccionamento;
- b) Cercas transversais ao traçado da LDAT devem ser seccionadas;
- c) Todas as extremidades das cercas devem ser aterradas junto às porteiras.

7.6.1.6. Aterramento de Cercas Eletrificadas de Terceiros

A finalidade da cerca eletrificada é manter animais confinados em uma determinada área ou proteger propriedades contra o acesso de animais domésticos e selvagens, portanto em nenhuma hipótese deve ser usada para proteger a propriedade contra pessoas.



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

A cerca eletrificada deve ser projetada por profissionais especializados e construída por empresa idônea, que possa dar garantia, assistência técnica e orientações quanto à operação e manutenção do equipamento. O proprietário é responsável por qualquer anormalidade ou acidente que venha ocorrer na cerca eletrificada e com as pessoas e animais que possam vir a se acidentar. A cerca não deve, em nenhuma hipótese, ser eletrificada com energia diretamente da rede elétrica sem que seja por meio de eletrificador (pulsos elétricos).

Nas aproximações ou cruzamentos da LDAT sobre cercas eletrificadas devem ser adotados os seguintes procedimentos:

- a) Cercas paralelas devem ficar a uma distância mínima de 30 m do eixo da LDAT;
- b) Nos casos em que for necessário cruzar a LDAT sobre a cerca eletrificada, devem ser colocados 2 (dois) condutores de proteção paralelos acima da cerca, para evitar que em caso de ruptura do condutor da linha este venha a cair sobre a cerca eletrificada;
- c) Os 2 (dois) condutores de proteção devem ter 60 m de comprimento, sendo 30 m para cada lado, devendo ser aterrados nas duas extremidades.

7.6.2. Linhas de Distribuição AT em Postes

7.6.2.1. Considerações Gerais

Todas as estruturas da linha de transmissão devem ser conectadas individualmente a um sistema de aterramento. A conexão do esquema ao poste deve possuir no mínimo, 1 ponto de terra, de acordo com as medidas de resistividade do solo obtidas. O sistema de aterramento preferido será haste de aterramento.

Este sistema será articulado com grampos e condutores de aço cobreado para a torre (poste). A extremidade superior do solo deve ter pelo menos 0,8 m de profundidade. Nesta profundidade, os condutores de conexão entre as hastes de aterramento e o suporte também serão incluídos.

No entanto, a parte visível do condutor de aço cobreado, até a junta, deve ser protegida, e a junta com a haste de aterramento enterrada será coberta com pasta de isolamento para evitar que a umidade oxide a ligação.

O projeto da malha de aterramento deve garantir a segurança das pessoas, mantendo o potencial elétrico dentro dos limites de segurança em caso de falhas. As tensões de passo e de toque devem ser mantidas em valores toleráveis para o corpo humano e de acordo com as normas NBR 15751 e NBR 15749.

7.6.2.2. Medição da Resistividade do Solo

Uma das condições para que um sistema elétrico de potência opere corretamente, mantendo a continuidade de serviço e a segurança, é que o neutro do sistema e demais partes metálicas não energizadas, estejam devidamente aterrados.

O projeto das LDAT's deve prever em cada estrutura, no mínimo, um ponto de terra, visando atingir uma resistência de aterramento de cada estrutura o mais próximo possível de 20Ω.

Para atingir a finalidade que se destina, um sistema de aterramento deve atender e proporcionar os seguintes requisitos:

- a) Manter valores de tensão estrutura-terra dentro do nível de segurança, no caso de as partes metálicas serem acidentalmente energizadas;



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- b) Proporcionar um caminho de escoamento para a terra das descargas atmosféricas ou sobre tensões provocadas por manobras de equipamentos, fixando a tensão de isolamento a valores determinados;
- c) Permitir aos equipamentos de proteção isolar rapidamente as falhas à terra;
- d) Proporcionar o escoamento para a terra da eletricidade estática gerada, por equipamentos ou por indução, evitando o faiscamento.

A resistividade do solo varia de acordo com o tipo de solo e durante a fase de projeto da LDAT, devem ser realizadas no mínimo 2 (duas) medições de resistividade em cada tipo de solo existente ao longo da mesma. Mesmo nos casos em que os tipos de solos existentes ao longo da LDAT, seja praticamente o mesmo, pode existir diferença de valor de resistividade do solo devido às áreas mais baixas, onde existe presença de lagoas, açudes ou rios, diferentes de outras áreas totalmente áridas. Recomenda-se que, devem ser efetuadas medições em trechos da LDAT, escolhidos de forma que as medições sejam representativas em relação a quantidade de estruturas previstas. Sugere-se que sejam realizadas medições em, pelo menos, 1/6 da quantidade de estruturas previstas e ao longo de toda a LDAT.

7.6.2.3. Tipo de Aterramento

A partir dos valores obtidos nas medições, o projetista deve elaborar um memorial de cálculo, definindo o comprimento do contrapeso (condutor de interligação entre as hastes), a quantidade de hastes necessárias e o tipo de aterramento para cada estrutura.

Antes e após a instalação dos contrapesos, a executora deve efetuar as medições da resistência de terra em cada estrutura.

Devem ser seccionadas e aterradas as cercas transversais à linha, conforme Desenho 10 – Seccionamento de Cercas (Anexo 8.15). Este serviço deve ser realizado após o lançamento dos cabos.

As cercas abertas ou danificadas durante a construção da LT devem ser recompostas com mourões e arames novos e de boa qualidade, devendo os arames ser bem esticados para receber o seccionamento e aterramento. Deve ser utilizado o mesmo número de fios de arame existente.

7.6.2.4. Material de Aterramento

7.6.2.4.1. Materiais a Serem Utilizados

O projetista deve utilizar no aterramento das estruturas os materiais e critérios definidos neste documento, conforme especificados nos itens a seguir.

7.6.2.4.2. Haste de Aterramento e Conector

A haste de aterramento deve ser de aço cobreado, circular, 13x2000mm, (conforme especificação MAT-OMBR-MAT-18-0054-INBR) e instalada com o conector cunha de aterramento (conforme MAT-OMBR-MAT-18-0051-INBR).

7.6.2.4.3. Profundidade da Haste de Aterramento

A haste de terra deve ser fincada no solo de maneira que a sua extremidade superior fique a uma profundidade mínima de 80 cm da superfície do solo. (Caso não seja possível atingir a profundidade mínima deve ser instalada haste adicional).



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.6.2.4.4. Condutor

Para o contrapeso, deve ser utilizado condutor de aço cobreado de seção nominal mínima de 35mm² ou determinada em projeto conforme especificação PM-Br 805.02.3.

7.6.2.4.5. Conexões

O conector utilizado para fazer as conexões de aterramento deve ser para condutor de seção nominal 16-120mm², conforme especificação técnica MAT-OMBR-MAT-18-0051-INBR.

7.6.2.4.6. Critérios para o Aterramento de Estruturas

A configuração da malha deve, sempre que possível, atender aos seguintes critérios:

- a) A malha deve ser em linha reta e paralela ao alinhamento da LDAT, devendo ficar a haste situada a 1 metro do poste;
- b) A malha deve ficar do lado oposto a via de trânsito;
- c) A quantidade de hastes da malha a ser instalada depende da resistividade do solo e consequentemente dos cálculos apresentados no memorial de cálculo da malha de terra de cada estrutura;
- d) O projeto da malha deve garantir que a resistência equivalente do solo atinja um valor o mais próximo possível de 20 Ω (ohms), ou menor;
- e) Caso a resistência seja superior a este valor de referência, devem ser instalados cabos contrapesos e/ou hastes adicionais na terminação dos cabos. Após este procedimento, realizar novamente a medição da resistência equivalente do solo.

7.6.2.5. Aterramento e Seccionamento de Cercas

7.6.2.5.1. Haste de Terra e Seccionador Pré-formado

No aterramento de cercas deve ser utilizada 1 (uma) haste de terra afastada da base do mourão a uma distância nunca inferior a 1 metro.

O seccionador pré-formado utilizado em seccionamento de cercas de arame deve ser especificado, conforme Desenho 10 – Seccionamento de Cercas (Anexo 8.15).

7.6.2.5.2. Aterramento de Cercas em Unidades Urbanas

As cercas localizadas na mesma calçada da posteação da LDAT devem ser aterradas, conforme os seguintes critérios:

- a) Cercas paralelas a LDAT até 50 metros: aterrar no ponto central da cerca;
- b) Cercas paralelas a LDAT, com comprimento acima de 50 metros: fazer o seccionamento a cada 50 m e aterrar no ponto central do vão seccionado. Quando no último vão da cerca tiver fração inferior a 15 m, o seccionamento da cerca deve ser no final da mesma;
- c) Cercas transversais ao traçado da LDAT devem ser seccionadas e aterradas.



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.6.2.5.3. Aterramento de Cercas em Unidades Rurais

O aterramento das cercas em áreas rurais deve obedecer aos seguintes critérios:

- a) Todas as cercas que correm em paralelo com a LDAT, a uma distância igual ou inferior a 30 metros entre o condutor e o arame mais próximo devem ser seccionadas a cada 500 metros e aterrada a cada 250 metros, fazendo coincidir os aterramentos próximos ao seccionamento;
- b) Cercas transversais ao traçado da LDAT devem ser seccionadas e aterradas;
- c) Todas as extremidades das cercas devem ser aterradas junto às porteiras.

7.6.2.6. Aterramento de Cercas Eletrificadas de Terceiros

A finalidade da cerca eletrificada é manter animais confinados em uma determinada área ou proteger propriedades contra o acesso de animais domésticos e selvagens, portanto em nenhuma hipótese deve ser usada para proteger a propriedade contra pessoas.

A cerca eletrificada deve ser projetada por profissionais especializados e construída por empresa idônea, que possa dar garantia, assistência técnica e orientações quanto à operação e manutenção do equipamento. O proprietário é responsável por qualquer anormalidade ou acidente que venha ocorrer na cerca eletrificada e com as pessoas e animais que possam vir a se acidentar. A cerca não deve, em nenhuma hipótese, ser eletrificada com energia diretamente da rede elétrica sem que seja por meio de eletrificador (pulsos elétricos).

Nas aproximações ou cruzamentos da LDAT sobre cercas eletrificadas devem ser adotados os seguintes procedimentos:

- a) Cercas paralelas devem ficar a uma distância mínima de 30 metros do deixo da LDAT;
- b) Nos casos em que seja necessário cruzar a LDAT sobre a cerca eletrificada, devem ser colocados 2 (dois) condutores de proteção paralelos acima da cerca, para evitar que em caso de ruptura do condutor da linha este venha a cair sobre a cerca eletrificada;
- c) Os 2 (dois) condutores de proteção devem ter 60 metros de comprimento, sendo 30 metros para cada lado, devendo ser aterrados nas duas extremidades, conforme Desenho 10 – Seccionamento de Cercas (Anexo 8.15).

7.7. Apresentação do Projeto

7.7.1. Projetos para Análise

Os projetos para análise devem ser apresentados em meio digital através das plataformas disponibilizadas pela Enel Grids Brasil. Os documentos em meio digital podem estar nos seguintes padrões:

- a) AutoCad (.DWG);
- b) Raster (.TIF);
- c) Planilha (.XLS);
- d) Documento de texto (.DOC);
- e) Formato portátil de documentos (.PDF);
- f) Traçado e Locação Georreferenciadas (.kmz);



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- g) BIM (.IFC);
- h) PLS-CADD (.BAK).

A pasta do projeto deve conter, no mínimo, requisitos descritos nos itens 7.7.2 a 7.7.6.

7.7.2. Identificação do Engenheiro Responsável

A empresa responsável pelo projeto deve apresentar a identificação, comprovação de credenciamento junto à Enel Grids, o número do telefone e o endereço do responsável técnico.

7.7.3. Documentação

Deve ser apresentada a seguinte documentação:

- a) 1 (uma) via da Anotação de Responsabilidade Técnica – ART;
- b) Cópia do Certificado de Credenciamento para elaboração de projeto, emitido pela Enel Grids. Caso a empresa seja a responsável pela construção, apresentar a cópia do Certificado de Credenciamento para e execução de obras, emitido pela Enel Grids;
- c) Licença junto aos órgãos responsáveis, nos casos de travessias de ferrovias, rodovias ou aproximação de aeroportos;
- d) Licença emitida pelo órgão responsável pela preservação do meio ambiente;
- e) Fichas cadastrais dos proprietários, conforme modelo apresentado no Anexo A (8.1);
- f) Termo de Permissão de Passagem para Levantamento Topográfico quando a LDAT cruzar terrenos de terceiros, conforme modelo apresentado no Anexo B (8.2);
- g) Solicitação de documentação para Indenização de Faixa de Servidão, conforme modelo apresentado no Anexo C (8.3).
- h) Resumo de Custo de Indenização de Linha de Distribuição de Alta Tensão, conforme anexo D (8.4).

7.7.4. Plantas

7.7.4.1. Tipos de Plantas

7.7.4.1.1. Plantas Cadastrais

Devem ser obtidas plantas cadastrais da localidade ou área em estudo, através de cópias de plantas já existentes, confiáveis e atualizadas, ou através de um novo levantamento topográfico, ou mesmo através de levantamentos aerofotogramétricos feitos por câmeras analógicas e digitais. Em caráter especial e após acordado com a unidade de Projetos da Enel Grids, também podem ser aceitas imagens georreferenciadas de programas da rede mundial de computadores (internet). As plantas do traçado e cadastrais devem fazer referência ao Datum SIRGAS 2000. Faz parte de cada planta cadastral, o envio do memorial descritivo da respectiva propriedade.

7.7.4.1.2. Planta do Traçado

Nesta planta deve constar o traçado das ruas, avenidas ou rodovias, indicação do norte magnético e outros pontos de referência significativos, que permitam identificar o local onde será construída, reformada ou



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

ampliada a LDAT, em desenho com escala adequada. Nas obras localizadas em áreas rurais indicar também, município, localidade, rios ou açudes como pontos de referência, estradas de acesso, a Subestação e/ou a LDAT existente de onde deve derivar a nova LDAT e os códigos operacionais das linhas e estruturas locadas a montante e a jusante da derivação. As plantas do traçado e cadastrais devem fazer referência ao Datum SIRGAS 2000.

O reconhecimento tem por objetivo coletar dados em campo para se estabelecer o traçado da LDAT. Na planta do traçado o mapa deve conter 2 (dois) ou mais encaminhamentos levantados por sistema de posicionamento global, GPS (Global Positioning System) Datum SIRGAS 2000, para que o projetista possa escolher entre as opções apresentadas o encaminhamento mais adequado. O técnico incumbido do levantamento cadastral deve orientar o topógrafo na localização de todos os pontos dos suportes viários existentes. Não havendo estrada, a locação será através de picadas, que devem evitar, ao máximo, o corte da vegetação.

Com base na Planta do traçado, a unidade de Projetos deve determinar as diretrizes da LDAT em toda sua extensão, devendo qualquer alteração neste traçado, ser efetuada mediante prévia autorização por escrito da unidade de Projetos.

7.7.4.1.3. Perfil Planialtimétrico

O perfil planialtimétrico é destinado à locação das estruturas do projeto e a representação planimétrica da LDAT, podendo ser executado com equipamento topográfico como a Estação Total ou GPS. O desenho do perfil planialtimétrico deve ser feito através do software AutoCAD no formato mais conveniente: para os projetos rurais usar a escala horizontal 1:5000 e escala vertical 1:500 ou horizontal e para os projetos urbanos usar a horizontal 1:2000 e escala vertical 1:200. Esta planta deve conter:

- a) Desenho do perfil planialtimétrico, com as estruturas, condutores, vãos, as estacas referentes a cada estrutura, os nomes dos proprietários dos terrenos atravessados pela LDAT, o tipo de solo, o tipo de vegetação e a planta baixa contendo a representação das estruturas com as deflexões da LDAT e os detalhes existentes ao longo da mesma;
- b) Na vista planimétrica, os detalhes enumerados a seguir, desde que contidos na faixa de servidão da LDAT e ainda as edificações que representem ou não unidades consumidoras, distanciadas do eixo da mesma:
 - Indicação de estradas de rodagem municipais, estaduais, federais e ferrovias;
 - Todos os caminhos, rios, córregos, açudes, lagoas, etc.;
 - Todas as LDAT's, Redes de Distribuição Urbana e Rural, e Redes de Comunicação;
 - Indicação de cercas contendo o número de fios de arame;
 - Divisões de propriedades com a denominação do proprietário, alturas, tipo de vegetação e solo;
 - Detalhes dos pontos de saída e chegada da LDAT, com indicação de linhas e redes existentes, ângulo de derivação, poste e estrutura correspondente com sua respectiva coordenada georreferenciada Datum SIRGAS 2000;
 - Núcleos populacionais;
 - Indicação das estacas nos pontos de deflexões, utilizando marcos de concreto nestes pontos;
 - Indicação de campos de pouso e aeroportos.



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.7.4.1.4. Levantamento Topográfico

Consiste na determinação planialtimétrica do terreno, ao longo do caminhamento de toda a LDAT. Neste levantamento devem ser determinados os acidentes considerados relevantes à elaboração do projeto, quais sejam: cruzamento de estradas de ferro e rodagem, linhas telegráficas e de energia elétrica, pontes ou viadutos, campo de pouso, tipos e características de cercas, edificações contidas na área do projeto e outros acidentes notáveis, devendo-se, em casos excepcionais, levantarem-se perfis paralelos ao eixo da LDAT. O levantamento topográfico deve ser feito conforme prescrições da Especificação Técnica de Serviços de Topografia da Enel Grids.

Nota: Nos casos em que for necessário fazer sondagem preliminar no terreno, a mesma deve estar de acordo com a NBR 6484 em sua última revisão.

7.7.4.2. Entrega do Projeto

Nos desenhos das plantas o projetista deve adotar a simbologia apresentada no Desenho 09 - Simbologia (Anexo 8.14). Na pasta do projeto devem constar as seguintes plantas e documentos adicionais:

- a) Planta do traçado (Datum SIRGAS 2000);
- b) Perfil Planialtimétrico (escala vertical 1:500 e horizontal 1:5000 ou vertical 1:200 e horizontal 1:2000);
- c) Desenhos dos detalhes a seguir, em plantas individuais:
 - Cruzamento de linhas e redes;
 - Travessias de rios;
 - Travessia de dutos;
 - Travessias de rodovias;
 - Travessias de ferrovias;
 - Desenho e montagem de estruturas especiais, com a justificativa da não utilização das estruturas padronizadas, se for o caso.
- d) Documentos adicionais
 - Folha de locação;
 - Tabela de tensionamento;
 - Laudo técnico de avaliação e levantamento cadastral de proprietários;
 - Parâmetros elétricos.

7.7.5. Memorial de Cálculo do Aterramento da LDAT

Este memorial deve conter os cálculos dos aterramentos, a configuração da malha de cada estrutura, com a quantidade de hastes e tipo do solo.

7.7.6. Memorial Descritivo

O Memorial Descritivo deve ser elaborado conforme modelo apresentado no Anexo E (8.5).



Especificação Técnica nº 0022

cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.7.7. Análise e Aceitação do Projeto

Os projetos elaborados por terceiros devem ser analisados pela Enel Grids e seguir as seguintes prescrições:

- a) Para aceitação pela Enel Grids o projeto deve, obrigatoriamente, estar de acordo com as normas e padrões da mesma, com as normas da ABNT e com as Normas e resoluções expedidas pelos órgãos oficiais competentes;
- b) Após análise do projeto, a Enel Grids deve devolver 1 (uma) via ao interessado, para providências;
- c) Toda e qualquer modificação no projeto já aceito, somente pode ser feita através do responsável pelo mesmo, mediante consulta a Enel Grids;
- d) Qualquer alteração no projeto original deve ser aprovada pela Enel Grids.

7.8. Vigência do Documento

Este documento entra em vigor na sua data de publicação e todos os projetos elaborados e/ou aprovados após a data de publicação devem seguir totalmente as regras descritas nesta versão.

8. ANEXOS

8.1. Anexo 1 – Ficha Cadastral de Proprietários

8.2. Anexo 2 – Termo de Permissão para Levantamento Topográfico

8.3. Anexo 3 – Documentação para Indenização de Faixa de Servidão de Linha de Transmissão

8.4. Anexo 4 – Resumo de Custo de Indenização de Linha de Transmissão

8.5. Anexo 5 – Modelo de Memorial Descritivo

8.6. Anexo 6 - Desenho 01 – Travessia - Modelo

8.7. Anexo 7 - Desenho 02 – Distâncias Mínimas de Segurança - Travessia sobre Locais Acessíveis apenas a Pedestres ou onde Circulam Máquinas Agrícolas

8.8. Anexo 8 - Desenho 03 – Distâncias Mínimas de Segurança - Travessia sobre Rodovias, Ruas e Avenidas

8.9. Anexo 9 - Desenho 04 – Distâncias Mínimas de Segurança - Travessia sobre Ferrovias

8.10. Anexo 10 - Desenho 05 – Distâncias Mínimas de Segurança - Travessia sobre Águas Navegáveis ou Não Navegáveis

8.11. Anexo 11 - Desenho 06 – Distâncias Mínimas de Segurança - Travessia sobre Linhas e Redes

8.12. Anexo 12 - Desenho 07 – Distâncias Mínimas de Segurança - LDAT próxima a Paredes, Telhados, Terraços ou Sacadas


Especificação Técnica nº 0022
cod.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0022 / CNS-NDBR-DBR-19-0284-EDBR

Versão no.04 data: 16/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Alta Tensão

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

8.13. Anexo 13 - Desenho 08 – Distâncias Mínimas de Segurança - LDAT próxima a Instalações Transportadores, Veículos Rodoviários e Ferroviários
8.14. Anexo 14 - Desenho 09 – Simbologia
8.15. Anexo 15 - Desenho 10 – Seccionamento de Cercas
9. VISTOS

☐ Quality Brazil Marcus Aurelio Mascaro Martinelli	☐ Permitting and Detail Design Brazil Silvana Flavia D'Andrea (a.i)
---	--