



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

CONTEÚDO

1.	OBJETIVOS DO DOCUMENTO E ÁREA DE APLICAÇÃO.....	7
2.	GESTÃO DA VERSÃO DO DOCUMENTO.....	7
3.	UNIDADES RESPONSÁVEIS PELO DOCUMENTO.....	8
4.	REFERÊNCIAS	8
5.	POSIÇÃO DO PROCESSO COM RELAÇÃO À ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	13
6.	SIGLAS E PALAVRAS-CHAVE.....	13
7.	DESCRIÇÃO DO PROCESSO.....	17
7.1.	ELABORAÇÃO DE PROJETO DE SUBESTAÇÃO	17
7.2.	OBTENÇÃO DE DADOS PRELIMINARES.....	18
7.2.1.	CONDIÇÕES DE SERVIÇOS	18
7.2.2.	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SISTEMA ELÉTRICO	18
7.3.	PLANEJAMENTO E TIPOS DE SUBESTAÇÃO.....	19
7.3.1.	PLANEJAMENTO.....	19
7.3.1.1.	FUNCIONALIDADE DAS INSTALAÇÕES	20
7.3.1.2.	MEIO AMBIENTE	20
7.3.1.2.1.	NO NET LOSS	21
7.3.1.3.	SUSTENTABILIDADE	22
7.3.1.4.	SEGURANÇA PATRIMONIAL.....	22
7.3.1.5.	MEDIDAS DE PREVENÇÃO DE INCÊNDIO	22
7.3.1.6.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA DAS PARTES ATIVAS	23
7.3.1.6.1.	CRITÉRIOS DE PROTEÇÃO	24
7.3.1.6.2.	BARREIRAS DE PROTEÇÃO OU FOLGAS DE OBSTÁCULOS	25
7.3.1.6.3.	ALTURA MINIMA SOBRE A ÁREA DE ACESSO	27
7.3.1.6.4.	PROTEÇÃO PARA EDIFÍCIOS.....	27
7.3.1.6.5.	CALÇADAS.....	28
7.3.1.7.	CONDIÇÕES DE TRABALHO.....	29
7.3.1.8.	CONFIABILIDADE E CUSTOS	29
7.3.2.	TIPOS DE SUBESTAÇÕES.....	30
7.3.2.1.	SUBESTAÇÕES AT/AT.....	30
7.3.2.1.1.	SUBESTAÇÕES AT/AT COM FUNÇÃO DE INTERFACE (FI).....	31
7.3.2.1.2.	SUBESTAÇÃO AT/AT COM FUNÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO (FT)	32
7.3.2.2.	SUBESTAÇÕES AT/MT	33
7.3.2.2.1.	DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS	35
7.3.2.2.2.	SUBESTAÇÃO PADRÃO	37


Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.3.2.2.3.	SUBESTAÇÃO SIMPLIFICADA	38
7.3.2.2.4.	SUBESTAÇÃO ESPECIAL	40
7.3.2.3.	SUBESTAÇÕES MT/MT	42
7.3.2.3.1.	TIPO 1	43
7.3.2.3.2.	TIPO 2	46
7.4.	EQUIPAMENTOS E MATERIAIS	48
7.4.1.	ENTRADA E SAÍDA DE LINHAS AT	48
7.4.1.1.	SOLUÇÃO SUBTERRÂNEA	48
7.4.1.2.	SOLUÇÃO AÉREA	49
7.4.2.	MÓDULO GIS	50
7.4.2.1.	MÓDULO GIS DO TRANSFORMADOR	51
7.4.2.2.	MÓDULO GIS DE LINHA	52
7.4.2.3.	MÓDULO GIS DE ACOPLAMENTO	53
7.4.2.4.	MÓDULO GIS DE BARRAMENTO	54
7.4.3.	MÓDULOS HÍBRIDOS	54
7.4.3.1.	MÓDULOS HÍBRIDO Y1	54
7.4.3.2.	MÓDULOS HÍBRIDO Y2	55
7.4.3.3.	MÓDULOS HÍBRIDO SINGLE BAY	55
7.4.4.	TRANSFORMADORES	56
7.4.5.	NEUTRO MT	57
7.4.5.1.	NEUTRO DIRETAMENTE ATERRADO	59
7.4.5.2.	NEUTRO ATERRADO COM RESISTÊNCIA	59
7.4.5.3.	NEUTRO ATERRADO COM TFN E BOBINA DE PETERSEN	60
7.4.6.	BARRAMENTO DE ALTA TENSÃO (AT)	61
7.4.7.	BARRAMENTO DE MÉDIA TENSÃO	62
7.4.7.1.	SEÇÃO MT PARA SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA EM SOLUÇÃO DE CONTÊINER (GSCM-770) 62	
7.4.7.2.	PRÉDIOS EM ALVENARIA PARA SETOR MT E CONTROLE	65
7.4.7.3.	S WITCHGEAR DE MT MONTADOS EM ALVENARIA (GSCM-690)	65
7.4.7.4.	MT GIS – SWITCHGEAR ISOLADO A GÁS (GSCM-011)	68
7.4.7.5.	MT AIS COM DISJUNTOR MT EXTRAÍVEL (GSCM-009)	70
7.4.7.6.	CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE SOLUÇÃO MT	72
7.4.7.7.	CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE SOLUÇÃO MT/MT	72
7.4.8.	CONEXÕES	74
7.4.9.	MEDIDORES	75
7.4.10.	TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS	76
7.4.11.	PARA-RAIOS	77
7.4.12.	BANCO DE CAPACITORES	78
7.4.13.	CONDUTORES NUS FLEXÍVEIS E RÍGIDOS	78
7.4.13.1.	CONDUTORES AT	78
7.4.13.2.	CONDUTORES MT	79

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.4.14. CONEXÃO MT	79
7.4.15. SERVIÇOS AUXILIARES, PROTEÇÃO, CONTROLE E COMUNICAÇÃO.....	80
7.4.16. TRANSFORMADORES DE SERVIÇOS AUXILIARES - TSA	81
7.4.17. BATERIAS	81
7.4.18. RETIFICADOR.....	81
7.4.19. QUADRO DE SERVIÇO AUXILIAR CA E CC.....	81
7.4.20. POWER SUPPLY STATION (PSS) E POWER SWITCHGEAR AND CONTROL GEAR ASSEMBLY (PSC)	81
7.4.20.1. ESTAÇÃO DE ALIMENTAÇÃO (PSS).....	81
7.4.20.2. SERVIÇOS AUXILIARES (PSC)	82
7.5. PROJETO CIVIL	85
7.5.1. DADOS PRELIMINARES PARA PROJETOS	85
7.5.1.1. ESCOLHA DO TERRENO.....	85
7.5.1.2. LEVANTAMENTO TOPOGRAFICO.....	87
7.5.1.3. ESTUDO DA RESISTIVIDADE DO SOLO	87
7.5.1.4. SONDAÇÃO	87
7.5.2. ESTUDOS GEOTÉCNICOS E GEOLÓGICOS.....	88
7.5.2.1. RELATÓRIO GEOLÓGICO	88
7.5.2.2. PLANO DE INVESTIGAÇÃO.....	88
7.5.2.3. RELATÓRIO GEOTÉCNICO.....	88
7.5.2.4. ESTABILIDADE DE INCLINAÇÃO DA PLATAFORMA DA SUBESTAÇÃO	89
7.5.2.5. CONDIÇÃO DA AVALIAÇÃO SÍSMICA	90
7.5.3. MOVIMENTO DE TERRA	90
7.5.3.1. LIMPEZA E RASPAGEM DO TERRENO	90
7.5.3.2. TERRAPLANAGEM.....	91
7.5.3.3. ESCAVAÇÃO E REATERRO	91
7.5.4. DRENAGEM E PAVIMENTAÇÃO	91
7.5.4.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS	92
7.5.4.1.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	92
7.5.4.1.2. RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE INUNDAÇÃO.....	94
7.5.4.1.3. RELATÓRIO HIDRÁULICO	94
7.5.4.1.4. VISTA DE PLANTA MOSTRANDO OBRAS DE DRENAGEM.....	96
7.5.4.2. SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEIS	97
7.5.4.3. SISTEMA DE ÁGUAS PLUVIAIS	98
7.5.4.4. SISTEMA DE CONTENÇÃO DE ÓLEO.....	99
7.5.4.5. CAIXA SEPARADORA DE AGUA E ÓLEO	101
7.5.4.6. DISPOSITIVO DE SUPRESSÃO DE CHAMA	101
7.5.4.7. PAREDE CORTA FOGO	101
7.5.4.8. VIAS DE ACESSO.....	101
7.5.4.9. SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA.....	102
7.5.5. FUNDAÇÃO.....	102



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.5.1.	FUNDAÇÃO DE CHEGADA AT	105
7.5.5.2.	FUNDAÇÃO UNIPOLAR E TRIPOLAR.....	107
7.5.5.3.	BARRAMENTO AT	110
7.5.5.4.	FUNDAÇÃO DO MÓDULO HÍBRIDO	111
7.5.5.5.	FUNDAÇÃO GIS-AT.....	113
7.5.5.6.	FUNDAÇÃO DO TRANSFORMADOR.....	114
7.5.5.7.	INSTALAÇÃO E FUNDAÇÃO DO CONTÊINER.....	118
7.5.5.7.1.	FUNDAÇÃO DO CONTÊINER	119
7.5.6.	EDIFICAÇÃO EM ALVENARIA	121
7.5.6.1.	SOLUÇÕES.....	122
7.5.6.1.1.	PEQUENA SOLUÇÃO	123
7.5.6.1.2.	SOLUÇÃO PADRÃO	123
7.5.6.1.3.	SOLUÇÃO PADRÃO+1	124
7.5.6.1.4.	SOLUÇÃO ESTENDIDA.....	124
7.5.6.2.	CRITÉRIOS FUNCIONAIS DAS SOLUÇÕES	124
7.5.6.2.1.	NÍVEIS	124
7.5.6.2.2.	PRINCIPAIS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAM AS SOLUÇÕES	124
7.5.6.3.	ARQUITETURA	128
7.5.6.4.	URBANIZAÇÃO E PAISAGISMO	129
7.5.6.5.	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	129
7.5.6.5.1.	ILUMINAÇÃO.....	130
7.5.6.5.1.1.	LUZES DE LED	131
7.5.6.6.	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS	132
7.5.6.7.	INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS.....	132
7.5.6.8.	DEMAIS INSTALAÇÕES	133
7.5.6.9.	BASES E FUNDAÇÕES PARA POSTES	133
7.5.6.10.	CAIXAS, ELETRODUTOS E CANALESTAS	133
7.6.	PROJETO ELETROMECAÂNICO	134
7.6.1.	ATERRAMENTO	135
7.6.1.1.	JUNTAS ESPECIAIS PARA INTERRUÇÃO DE TELA	137
7.6.1.2.	MEDIÇÃO DA RESISTIVIDADE DO SOLO	137
7.6.1.3.	CÁLCULO DA MALHA DE TERRA	138
7.6.1.4.	CONDUTOR DA MALHA DE TERRA	138
7.6.1.5.	CONDUTOR DE ATERRAMENTO DAS ESTRUTURAS E EQUIPAMENTOS.....	138
7.6.1.6.	HASTES DE ATERRAMENTO.....	138
7.6.1.7.	PROFUNDIDADE DA MALHA.....	139
7.6.1.8.	CONEXÕES.....	139
7.6.1.9.	CAIXA DE INSPEÇÃO	139
7.6.1.10.	TENSÃO DE TOQUE, TENSÃO DE PASSO E RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO	139
7.6.1.11.	ATERRAMENTO DE CERCAS E PORTÕES.....	139
7.6.2.	SPDA E BLINDAGEM DAS ESTRUTURAS	139

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.6.3.	CAMPO ELÉTRICO E CAMPO MAGNÉTICO	140
7.6.4.	NÍVEL DE RUIDO	140
7.7.	PROJETO ELÉTRICO	141
7.7.1.	SISTEMA DE AUTOMAÇÃO	141
7.7.1.1.	CRITÉRIOS DE SUPERVISÃO E CONTROLE AT E MT	143
7.7.1.2.	CRITÉRIOS DE CONTROLE DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA	147
7.7.1.3.	TELECONTROLE	148
7.7.1.4.	TELEALARME	148
7.7.2.	SISTEMA DE PROTEÇÃO	148
7.7.2.1.	DISPOSITIVOS.....	149
7.7.2.2.	ARQUITETURA GERAL E FILOSOFIA	151
7.7.2.2.1.	PROTEÇÃO DAS ENTRADAS/SAIDAS DE LINHA AT	152
7.7.2.2.2.	PROTEÇÃO DO TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA.....	155
7.7.2.2.3.	PROTEÇÃO, CONTROLE E COMUNICAÇÃO MT/MT	159
7.7.2.2.4.	PROTEÇÃO DO BARRAMENTO	162
7.7.2.2.5.	PROTEÇÃO DE CORRENTE ALTERNADA (CA) E CORRENTE CONTÍNUA (CC) DOS RELÉS	166
7.7.2.2.6.	UNIDADE REMOTA DE TERMINAL (UTR) E EQUIPAMENTO DE TELECOMUNICAÇÕES (TLC).	167
7.7.3.	SISTEMA DE MEDIÇÃO	169
7.7.3.1.	OSCILOGRAFIA.....	169
7.7.3.2.	MEDIÇÃO DE SERVIÇOS AUXILIARES	169
7.7.3.3.	MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DOS TRANSFORMADORES.....	169
7.7.3.4.	MEDIÇÃO DA POSIÇÃO DO COMUTADOR DE DERIVAÇÃO SOB CARGA (CDC)	170
7.8.	APRESENTAÇÃO DO PROJETO.....	170
7.8.1.	ELABORAÇÃO DO PROJETO.....	170
7.8.2.	MEMORIAL DESCRITIVO.....	170
7.8.3.	ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA	171
7.8.4.	PROJETOS.....	171
7.8.4.1.	PROJETO CIVIL E ELETROMECAÂNICO	171
7.8.4.2.	PROJETO ELÉTRICO	172
7.8.4.3.	DOCUMENTOS DE SPCS	172
7.9.	COMISSONAMENTO	173
7.10.	PROJETO AS BUILT	173
8.	ANEXOS	174
8.1.	DESENHO 1 - PAREDE CORTA FOGO E BACIA DE CONTENÇÃO – DIMENSIONAL	174
8.2.	DESENHO 2 - DISTÂNCIA ENTRE TRANSFORMADORES	175
8.3.	DESENHO 3 - DISTÂNCIA DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA PARA EDIFICAÇÕES	176
8.4.	ESQUEMAS E LAYOUTS DAS SUBESTAÇÕES LIBERTY	177
8.4.1.	TIPOS LIBERTY – ESQUEMAS BÁSICOS	178

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

8.4.2.	SUBTIPO ASSOCIAÇÃO - LAYOUT.....	178
8.4.3.	LIBERTY 1A.....	179
8.4.4.	LIBERTY 1A.1.....	179
8.4.5.	LIBERTY 1B - 9B.....	180
8.4.6.	LIBERTY 2A – 6A.....	180
8.4.7.	LIBERTY 2B – 6B – 10B – 12B.....	181
8.4.8.	LIBERTY 2C – 6C – 10C - 12C.....	181
8.4.9.	LIBERTY 3A.....	182
8.4.10.	LIBERTY 3B.....	182
8.4.11.	LIBERTY 4A – 8A.....	183
8.4.12.	LIBERTY 4B – 8B.....	183
8.4.13.	LIBERTY 4C – 8C.....	184
8.4.14.	LIBERTY 5A.....	184
8.4.15.	LIBERTY 5B – 11B.....	185
8.4.16.	LIBERTY 7A.....	185
8.4.17.	LIBERTY 7B.....	186
8.4.18.	EXEMPLO DE LAYOUT DOS SWITCHGEAR DE MT NA SUBESTAÇÃO MT E SALA DE CONTROLE.....	187
8.4.18.1.	SOLUÇÃO SMALL – AIS COMPACTA, 2 TRANSFORMADORES.....	187
8.4.18.2.	SOLUÇÃO SMALL – GIS, 2 TRANSFORMADORES.....	187
8.4.18.3.	SOLUÇÃO STANDARD – AIS, 2 TRANSFORMADORES.....	188
8.4.18.4.	SOLUÇÃO STANDARD – AIS COMPACTA, 3 TRANSFORMADORES.....	188
8.4.18.5.	SOLUÇÃO STANDARD - GIS, 3 TRANSFORMADORES.....	189
8.4.18.6.	SOLUÇÃO STANDARD+1 – AIS, 3 TRANSFORMADORES.....	189
8.5.	DIAGRAMAS UNIFILARES.....	190
9.	VISTOS.....	190

RESPONSÁVEL POR NETWORK DEVELOPMENT BRAZIL
Silvana Flávia D'Andrea



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

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 critérios e requisitos técnicos mínimos a serem atendidos para elaboração de projetos de novas subestações AT/AT, AT/MT e MT/MT, projetos ampliação, extensão e modernização, de modo a assegurar as condições técnicas, econômicas e de segurança necessárias ao adequado fornecimento de energia elétrica.

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

A presente política 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 torna-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	02/04/2019	Emissão da especificação técnica de construção. Este documento cancela e substitui os documentos WKI-OMBR-MAT-18-0063-EDCE, WKI-HVOU-CRJ-18-0020-EDRJ e NTC-60.
2	20/08/2020	Esta especificação cancela e substitui a WKI-OMBR-MAT-18-0249-INBR. Atualização conforme Policy Nº 478, Policy Nº 482, IO 1865, GSTZ111 e GSTZ112. Inclusão de EDSP e revisão geral de todos os itens.
3	09/08/2023	Revisão e inclusão das definições do novo critério publicado pela Global: GRI-GRI-OPI-E&C-0001 – V3 07/02/23 e GRI-GRI-OPI-E&C-0005 – V1 07/02/23.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

4	22/07/2024	Mudança da taxonomia do documento e unidade responsável de PM & CONSTRUCTION BRAZIL para NETWORK DEVELOPMENT BRAZIL; Revisão geral e inclusão do Anexo 8.5 – Diagramas Unifilares
5	23/09/2025	Inserção do item “7.3.1.2.1 – NO NET LOSS”

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 Brasil.

4. REFERÊNCIAS

- Código Ética Enel;
- Plano de Tolerância Zero com a Corrupção 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;
- Manual do Sistema de Gestão Integrado nº 25 – Enel Distribuição
- Policy 241 – Gestão de Crises e Incidentes Brasil;
- Policy 243 – Segurança da Informação;
- Policy 344 – Application of the General Data Protection Regulation (EU Regulation2016/679) within the scope of the Enel Group;
- Policy 347 – Policy Personal Data Breach Management;
- Policy 474 – Biodiversity Management;
- Política do SGI;

**Especificação Técnica** no. 0007**cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR**

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- OP 882 – Compra de Bens – Imóveis;
- Procedimento Organizacional nº 1626 – Aplicação da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais no âmbito das Empresas do Grupo Enel.
- PO 1708 – Global Infrastructure and Networks Management of Technical;
- PD_PL 1177 GIN Safety Requirements to perform Buddy_Partner;
- GSC-001 – Underground Medium Voltage Cables;
- GSC-003 – GLOBAL STANDARD – Concentric-Lay-Stranded Bare Conductors;
- GSCG-002 – Technical Conformity Assessment;
- GSCH-002 – Hybrid Modules;
- GSCH-005 – Metal-Oxide Polymer-Housed Surge Arresters Without Gaps For A.C. Systems for Substations from 12kV to 245kV;
- GSCH-007 – GLOBAL STANDARD – High Capacity Bare Conductors;
- GSCL-001 – GLOBAL STANDARD – Electrical Control Panel Auxiliary Services of Secondary Substations;
- GSCL-002 – GLOBAL STANDARD – LV Switchboard for Secondary Substations
- GSCL-003 – GLOBAL STANDARD – AUTOMATIC CIRCUIT-BREAKERS FOR SECONDARY SUBSTATIONS
- GSCM-004 – GLOBAL STANDARD – Medium Voltage Gas Insulated Ring Main Unit for Secondary Distribution Substations;
- GSCM-009 – GLOBAL STANDARD – MV AIS With Withdrawable MV Circuit Breaker for HV/MV and MV/MV Substation;
- GSCM-011 – GLOBAL STANDARD – MV GIS With Fixed Mounted MV Circuit Breaker for HV/MV and MV/MV Substation;
- GSCC-016 – GLOBAL STANDARD – Metal-Oxide Polymer-Housed Surge Arresters Without Gaps for MV Lines;
- GSCC-023 – GLOBAL STANDARD – Single Phase Medium Voltage Cables for Primary Substations and Special Applications;
- GSCC-028 – GLOBAL STANDARD – LV Insulated Control Cables;
- GSCM-690 – GLOBAL STANDARD – Family of AIS “Compact” Enel Type, Technical Specifications Collection;
- GSCM770 – GLOBAL STANDARD – MV Section for Primary Substation in Container Solution;
- GSCT013, HV Current Transformers - GRI-GRI-MAT-E&C-0037;
- GSCT014, HV Voltage Transformers - GRI-GRI-MAT-E&C-0048;
- GST-001 – MV-LV Transformers;


Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- GST-002 – Power Transformers;
- GSTP-001 – RGDAT-A70;
- GSTP10X series: Protection and control device for AT/MT substation – Multifunctional feeder protection (MFP);
- GSTP901 – Cybersecurity requirements for protections and control devices;
- GSTP902 – RTU for the AT/MT Substation – Cybersecurity requirements;
- GSTZ111 – Power Supply Station (PSS) for HV/MV Substation;
- GSTZ112 – Power Switchgear and Controlgear assembly (PSC) for HV/MV Substation;
- CNS-OMBR-MAT-22-1551-EDBR / GRI-EDBR-CNS-GRI-0009 – Critérios de Projetos de Sistema de Proteção Contra Incêndio em Subestação;
- WKI-HSEQ-HeS-21-0323-EDBR/ GRI-EDBR-WKI-GRI-0026 - Gestão de Trabalho Seguro e Risco Integrado Pré-APR e APR;
- WKI-HSEQ-HeS-19-0133-EDBR / GRI-EDBR-WKI-GRI-0031 - Realizar análise de riscos e medidas de segurança;
- WKI-HSEQ-HeS-21-0320-EDBR / GRI-EDBR-WKI-GRI-0016 - Diretrizes de Segurança e Medidas Organizativas para Atividades Risco Elétrico;
- MAT-OMBR-MAT-20-0408-EDBR - Bancos de Capacitores de AT para uso em Subestações;
- MAT-OMBR-MAT-20-0895-EDBR - Estruturas Metálicas para Subestação;
- MAT-PMCB-EeA-18-0107-EDBR (PM-Br 199.23.4) - Bateria de Acumulador Chumbo-Ácido Estacionária;
- MAT-PMCB-EeA-2022-2261-EDBR (PM-Br 199.51.0) - Identificador de faltas para linhas de transmissão Aérea;
- MAT-PMCB-EeA-22-2178-EDBR (PM-Br 199.33.0) - IEDs de proteção e controle para subestações;
- MAT-PMCB-EeA-22-2085-EDBR - Luminária Autônoma de Emergência (PM Br 651.08.0);
- OPI-HSEQ-HS-2022-0114-GIN - Global Infrastructure and Networks Buddy partner application control during Inspections;
- GRI-GRI-OPI-E&C-0001 – HV/MV Liberty Substations Specification;
- GRI-GRI-OPI-E&C-0004 – Fire hazard prevention for HV/MV substations-ex OPI-E&C-ND-2022-0104-GIN ex OI 1865
- GRI-GRI-OPI-E&C-0005 – HV/MV Substations Civil works;
- GRI-GRI-WKI-E&C-0004 – Design and construction MV lines guidelines – ex Policy 66 and ex Policy 214
- GRI-GRI-GUI-E&C-0005 – HV MV and LV network development technical criteria-ex GUI-E&C-ND-2022-0083-ex PL 28_2.0

**Especificação Técnica** no. 0007cód.: **GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR**

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- GRI-GRI-GUI-E&C-0006 – HV MV LV Technical Connections Criteria-ex GUI-E&C-ND-2022-0084-ex PL 86
- GRI-GRI-GUI-E&C-0009 – MVMV Substations Design Technical Criteria – ex GUI-E&C-ND-2022-0100-GIN – ex PL 482
- GRI-GRI-GUI-E&C-0011 – Design and construction HV lines guidelines-ex GUI-E&C-ND-2022-0107-ex PL 332_2.0
- GRI-GRI-GUI-E&C-0012 – Design of HVMV Substations Protection and Control System-ex GUI-E&C-ND-2022-0106-ex PL 478
- GRI-GRI-GUI-E&C-0013 – HVHV Substation Design Technical Criteria – ex GUI-E&C-ND-2022-0103-ex PL 73_2.0
- GRI-GRI-GUI-E&C-0014 – HVMV Substation Design Technical Criteria – ex GUI-E&C-ND-2022-0101-ex PL 49_2.0
- GRI-GRI-GUI-E&C-0018 – Diretriz de Soluções de Infraestrutura Sustentável;
- NR 6 – Equipamento de Proteção Individual;
- NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, do Ministério do Trabalho e Emprego;
- NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção;
- ABNT NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- ABNT NBR 5419 – Proteção contra descargas atmosféricas – Parte 1: Princípios Gerais;
- ABNT NBR 5580 – Tubos de Aço-Carbono para Usos Comuns na Condução de Fluidos Especificação;
- ABNT NBR 6122 – Projeto e execução de fundações;
- ABNT NBR 7117 – Parâmetros do solo para projetos de aterramentos elétricos;
- ABNT NBR 9511 – Cabos elétricos – Raios mínimos de curvatura para instalação e diâmetros mínimos de núcleos de carretéis para acondicionamento;
- ABNT NBR 10151 – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas;
- ABNT NBR 10152 – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações;
- ABNT NBR 12232 – Execução de Sistemas Fixos Automáticos de Proteção Contra Incêndio com Gás Carbônico (CO₂) em Transformadores e Reatores de Potência Contendo Óleo Isolante”;
- ABNT NBR 13231 – Proteção contra incêndio em subestações elétricas;
- ABNT NBR 13369 – Cálculo simplificado do nível de ruído equivalente contínuo (LEQ);
- ABNT NBR 13434-1 – Sinalização de segurança contra incêndio e pânico – Parte 1: Princípios de Projeto.
- ABNT NBR 13434-2 – Sinalização de segurança contra incêndio e pânico – Parte 2: Símbolos e suas formas, dimensões e cores;

**Especificação Técnica** no. 0007cód.: **GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR**

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- ABNT NBR 13434-3 – Sinalização de segurança contra incêndio e pânico – Parte 3: Requisitos e métodos de ensaio
- ABNT NBR 14276:2020 – Brigada de incêndio e emergência Requisitos e procedimentos;
- ABNT NBR 14608 – Bombeiro civil – Requisitos e procedimentos;
- ABNT NBR 15749 – Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento;
- ABNT NBR 15751 – Sistemas de aterramento de subestações – Requisitos;
- ABNT NBR 16400 – Chuveiros automáticos para controle e supressão de incêndios Requisitos e métodos de ensaio;
- ABNT NBR 16820 – Sistemas de sinalização de emergência;
- ABNT NBR 25415:2016 – Métodos de medição e níveis de referência para exposição a campos elétricos e magnéticos na frequência de 50 Hz e 60 Hz;
- IEC 60255 – Measuring relays and protection equipment;
- IEC 60870-5 – Series Telecontrol equipment and systems- Transmission protocols;
- IEC 61850 – Communication networks and systems for power utility automation;
- IEEE C37.2 – IEEE Standard for Electrical Power System Device Function Numbers, Acronyms, and Contact Designations ou (Norma para Identificação Numérica de Equipamentos e Sistemas de Potência, Acrônimos e designação de Contatos);
- IEEE 693 – Recommended Practice for Seismic Design of Substations;
- IEEE 1159 – IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality;
- ISO 6182-1 – Fire protection Automatic sprinkler systems part 1: Requirements and test methods for sprinklers;
- EU 9613 – Parte 1: Cálculo da absorção do som pela atmosfera, 1993 e Parte 2: Método e cálculo geral, para definição do modelo de propagação do ruído ao ar livre;
- 16.402, de 22 de março de 2016 – Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo;
- Resolução CONAMA Nº 01/1990;
- DECRETO Nº 60.581, DE 27 DE SETEMBRO DE 2021 – Regulamenta o controle de ruídos na execução das obras de construção civil no Município de São Paulo;
- Lei Federal Nº 11.934 de 05 de maio de 2009 – Dispõe sobre limites a exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos;
- Portaria 05/SVMA-GAB/2022 da Secretaria do Verde e Meio Ambiente do Município de São Paulo;
- NFPA 750 – STANDARD ON WATER MIST FIRE PROTECTION SYSTEMS;
- Resolução Normativa ANEEL Nº 398 de 23 de março de 2010 que regulamenta a Lei Federal Nº 11.934 de 05 de maio de 2009;



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Módulo 8 da Resolução Normativa Aneel Nº 956, de 7 de dezembro De 2021 – Procedimentos De Distribuição De Energia Elétrica No Sistema Elétrico Nacional – PRODIST;
- EU 0048/2014 – Critérios para análise de superação de equipamentos e instalações de alta tensão;

5. POSIÇÃO DO PROCESSO COM RELAÇÃO À ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

Value Chain: Engineering

Macroprocess: Network Engineering

Process: Network Design

6. SIGLAS E PALAVRAS-CHAVE

Siglas e Palavras-Chave	Descrição
ABNT/NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas/Normas Brasileiras.
Alimentador	Linha elétrica originária de uma subestação e alimentando uma ou mais subestações secundárias (transformadores MT/BT).
AT ou HT	Alta Tensão – Qualquer conjunto de níveis de tensão nominal entre 35kV e 230kV tensão operacional nominal entre as fases.
Bay	Parte de uma subestação correspondente a uma entrada ou saída de linha (vão de entrada de linha “EL” ou saída de linha “SL”), ou a um transformador (vão de transformador “TR”), ou a um alimentador (vão de alimentador “AL”) ou a outro equipamento determinado. Corresponde ao termo inglês bay.
BT ou LV	Baixa Tensão – Serviços Auxiliares. Infraestrutura e equipamentos dispostos para o autoconsumo de energia nas subestações.
CETESB	Designa a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição no estado.
Comissionamento	Ato de submeter equipamentos, instalações e sistemas a testes e ensaios especificados, antes de sua entrada em operação.
Condição N	Condição operacional permanente e normal, ou seja, um layout operacional normal com todos os elementos disponíveis.
Condição N-1	É um estado temporário da rede, em uma configuração modificada, devido à indisponibilidade de um elemento.
Contingência	Falha de um elemento de rede (condição N-1) que, em um determinado cenário, pode causar condições críticas (ou seja, um ou mais pontos críticos) em pelo menos uma outra seção de rede.

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Siglas e Palavras-Chave	Descrição
CP	Concentrador Primário, caixa onde é armazenado a leitura de vários CS e transmitida para o Centro de Operação de rede chip.
CS	Concentrador Secundário, caixa onde agrupa vários medidores de consumo de energia do cliente.
Dado Pessoal	Dado Pessoal é qualquer informação relacionada a pessoa natural identificada ou identificável, tais como nome, número de identificação, 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)	<p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.
Distribuidora	Agente titular de concessão ou permissão federal para prestar o serviço público de Distribuição de Energia Elétrica. Entende-se por: Enel Distribuição Rio ou Enel Distribuição São Paulo.
Equipamento de Proteção	Qualquer um dos componentes necessários ao desempenho da função completa de um sistema de proteção.
ETD	Estação Transformadora de Distribuição.
General Data Protection Regulation or GDPR	Regulamento (EU) 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.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Siglas e Palavras-Chave	Descrição
GOOSE	Generic Object Oriented Substation Event.
IED	Intelligent Electronic Device – Dispositivo cuja função principal é a de promover uma rápida retirada de serviço de um elemento do sistema, quando esse sofre um curto-circuito, ou quando ele começa a operar de modo anormal que possa causar danos ou, de outro modo, interferir com a correta operação do resto do sistema.
IHM	Interface homem-máquina.
kV	Quilovolts
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	Line In – Line Out (Linha de entrada-Linha de saída).
MMS	Manufacturing Message Specification. (Especificação de Mensagem de Fabricação).
MT ou MV	Média Tensão. Qualquer conjunto de níveis de tensão nominal superiores a 1 kV e abaixo de um valor entre 30 kV e 100 kV. Nota: O valor limite entre tensão média e alta tensão depende das circunstâncias locais e históricas ou do uso comum. No entanto, a banda de 30 kV a 100 kV normalmente contém o limite aceito.
MVA	Mega Volt-Ampere.
ONAN / ONAF	ONAN (Oil Natural/Air Natural) os transformadores (por exemplo de distribuição) em banho de óleo com circulação natural deste e do ar. Um transformador em banho de óleo com circulação forçada e refrigerado por meio de ventilação forçada do ar designa-se por ONAF (Oil Forced/Air Forced).
Projetos	Conjunto de documentos com as regras, diretrizes, esquemas de ligação e listas de material que orientam à construção de algo ou alguma coisa.
QoS	Qualidade de serviço (Quality of Service, QoS)
SE	Subestação de Energia.
SED	Subestação de Distribuição – Subestação conectada ao sistema de distribuição de alta tensão, interligando as redes de distribuição, contendo



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Siglas e Palavras-Chave	Descrição
	transformadores de força. Tem como função reduzir a tensão no sistema de distribuição.
SEP	Sistema Elétrico de Potência.
Sinal de <i>Trip</i>	Sinal elétrico enviado por um relé de proteção para abertura de um dispositivo de disjunção.
SPCS	Sistema de Proteção, Controle e Supervisão – Sistema ao qual estão associados todos os equipamentos necessários para detectar, localizar, iniciar e completar a eliminação de uma falta ou de uma condição anormal de operação de um sistema elétrico.
TC	Transformador de Corrente. Transformador para instrumento cujo enrolamento primário é ligado em série em um circuito elétrico, e reproduz, no seu circuito secundário, uma corrente proporcional à do seu circuito primário, com sua posição fasorial substancialmente mantida em uma posição definida, conhecida e adequada para uso com instrumentos de medição, controle ou proteção.
TDD	Transferência Direta de Disparo. Atuação de proteções instantâneas e que habilita o religamento automático.
TFN	Transformador de Aterramento.
Titular dos Dados 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.
TLC	Equipamento de telecomunicações.
TLI	Terminal de Consulta Individual, visor instalado na casa do cliente para leitura do consumo de Energia.
TP	Transformador de Potencial. Transformador para instrumento cujo enrolamento primário é ligado em derivação com o circuito elétrico, e reproduz, no seu circuito secundário, uma tensão proporcional a do seu circuito primário, com sua posição fasorial substancialmente mantida em uma posição definida, conhecida e adequada para uso com instrumentos de medição, controle ou proteção.
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.
UTR	Unidade Terminal Remota.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

7.1. ELABORAÇÃO DE PROJETO DE SUBESTAÇÃO

Na definição dos padrões construtivos e em todas as fases do ciclo de vida dos ativos, está sendo implementada a metodologia BIM, que consiste em um processo inteligente baseado em modelos 3D para planejamento, projeto, construção e gerenciamento de infraestrutura.

O BIM vai muito além da criação de simples modelos digitais 2D e 3D: os objetos modelados possuem inteligência, geometria e dados de informação que definem suas características físicas e técnicas.

Por meio da metodologia BIM, cada projeto é compartilhado, de forma facilmente compreensível e interpretável, com todos os envolvidos, permitindo a troca e o acompanhamento de feedbacks, atividades e criticidades.

O BIM é um facilitador para a abordagem 'LEGO' que persegue um conceito simples de padronização, incluindo o conceito de modularidade e intercambialidade.

Uma biblioteca de modelos 3D BIM dos elementos construtivos de uma subestação AT/AT, AT/MT e MT/MT foi criada e está sendo progressivamente desenvolvida através da implementação contínua de novos componentes. A biblioteca contém modelos de elementos individuais (equipamentos, fundações, etc.) e modelos federados de soluções complexas, como a subestação primária. Dentro da metodologia BIM, o uso da biblioteca é a ferramenta que encontra aplicação nas fases de planejamento e projeto das intervenções.

A elaboração de projetos de subestações deve seguir o roteiro apresentado na Figura 01.

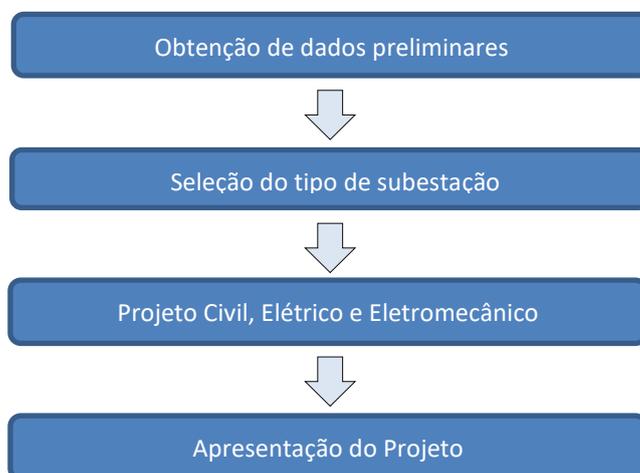


Figura 01 – Roteiro para elaboração de projetos

A fim de atender as resoluções vigentes todos os projetos devem ser desenvolvidos utilizando a premissa de menor custo global.

Os equipamentos condutores de corrente devem ser aplicados atendendo as demandas solicitadas, já a infraestrutura deve ser projetada considerando o padrão mínimo da concessionária.

A solução liberty será adotada como o principal padrão construtivo para instalações AT/MT.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.2. OBTENÇÃO DE DADOS PRELIMINARES

7.2.1. CONDIÇÕES DE SERVIÇOS

Os equipamentos, dispositivos e materiais contemplados neste critério devem ser apropriados para clima tropical, atmosfera salina, expostos a ação direta dos raios solares e de fortes chuvas, devendo resistir as condições da Tabela 01.

Tabela 01 – Condições Ambientais

Característica	Enel Distribuição Rio	Enel Distribuição São Paulo
Altitude máxima (m)	1.000	1.000
Temperatura mínima (°C)	-10	-10
Temperatura máxima média (°C)	+25	+25
Temperatura máxima (°C)	+40	+40
Umidade relativa média (%)	>80	>80
Pressão máxima do vento (N/m ²)	700	700
Nível de contaminação (ABNT IEC/TS 60815)	e (muito pesada)	d (pesada)
Nível de Salinidade (mg/cm ² dia)	> 0,3502	-
Radiação solar máxima (Wb/m ⁻¹)	1.000	1.000

Nota: Em áreas com alta agressividade salina e minérios se faz necessário um projeto especial com materiais anticorrosão e ou tratamentos específicos.

7.2.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SISTEMA ELÉTRICO

Na Tabela 02 são apresentadas as principais características do sistema elétrico da Distribuidora.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 02 – Características Principais do Sistema Elétrico

Característica	Enel Distribuição Ceará	Enel Distribuição Rio	Enel Distribuição São Paulo
Número de fases AT e MT	3	3	3
Frequência (Hz)	60	60	60
Tensão Nominal do Sistema/Tensão máxima de operação (kV)			
AT1	-	138/145	138/145
AT2	69/72,5	69/72,5	88/92,4
MT1	-	34,5/36	34,5/36
MT2	13,8/15	13,8;11,95/15	13,8/15
MT3	-	-	20/24
Nível de curto-circuito simétrico (kA)			
AT1	-	40	40
AT2	31,5	31,5	40
MT1	-	16	8
MT2	25	25	25
MT3	-	-	16
Nível Isolamento Um/Uf/Ui V (NBI)			
AT1	-	145/275/650	145/275/650
AT2	72,5/140/325	72,5/140/325	92,4/185/450
MT1	-	36/70/170	36/70/170
MT2	17,5/38/95	17,5/38/95	15/34/110
MT3	-	-	24/50/125
Características Gerais			
Conexão do transformador AT/MT e MT/MT	Dyn1	Dyn1	Dyn1 / Dd0
Conexão do transformador AT/AT	-	Ynad1	Dyn1 / Yyn0 + d Dd0 / Yd1
Tensão BT CA (Vca)	380/220	220/127	220/127
Tensão auxiliar CC (Vcc)	125 (+10%-20%)	125 (+10%-20%)	125 (+10%-20%)
<p>Nota - nos dados referentes a Nível de isolamento, deve-se adotar a legenda a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um: Tensão máxima do equipamento (kVef); • Uf: Tensão Suportável de frequência industrial (kVef); • Ui: Tensão Suportável de impulso atmosférico (kVcrista). 			

7.3. PLANEJAMENTO E TIPOS DE SUBESTAÇÃO

7.3.1. PLANEJAMENTO

O planejamento da subestação deve ser efetuado pela unidade responsável e consiste na determinação do tipo de projeto a ser desenvolvido. Este planejamento deve permitir um desenvolvimento progressivo da demanda dentro da expectativa de crescimento da localidade a ser atendida.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Para a realização dos estudos, a unidade responsável deve dispor das seguintes informações:

- a) Levantamento da carga: deve ser feito em função da carga a ser atendida na região;
- b) Estudo e definição da potência da subestação em função da carga demandada: o estudo deve ser efetuado baseado nos dados obtidos na alínea "a)";
- c) Planos diretores governamentais e dos órgãos de meio ambiente para a região;
- d) Previsão da taxa de crescimento da carga;
- e) Aquisição das plantas: subsídios fornecidos pelas unidades regionais.

As Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT devem ser instaladas em áreas de propriedade da Distribuidora.

Os projetos das subestações devem ser realizados aplicando em forma integrada critérios gerais relacionados à funcionalidade das instalações, qualidade do equipamento, preservação do meio ambiente, condições de trabalho, confiabilidade e custos.

7.3.1.1. FUNCIONALIDADE DAS INSTALAÇÕES

Quanto a funcionalidade das instalações deve ser verificada:

- escolha de diagramas unifilares e padrão construtivo com capacidade de evolução, em função da instalação de novos transformadores, entradas/saídas de linhas e alimentadores;
- a instalação de equipamentos, estruturas, tubulações devem ser realizadas de maneira a facilitar sua manutenção, reforma, ampliações futuras e flexibilidade operativa, com o mínimo de interrupções de serviço;
- sempre que possível, devem ser buscadas soluções que permitam intervenções para fins de manutenção, reforma e futuras ampliações em regime de linha morta;
- considerar capacidade de reserva dos transformadores, visando garantir o atendimento total da carga em condições N-1 devido a falha do transformador, sempre maximizando o índice de aproveitamento desses equipamentos;
- preferência por equipamentos que permitam uma manutenção baseada no estado dos mesmos, para os quais devem possuir sensores e sistemas que identifiquem defeitos e predigam período de manutenção preventiva;
- comunicação do estado dos equipamentos à Unidade de Manutenção;
- segurança patrimonial;

7.3.1.2. MEIO AMBIENTE

Quanto ao meio ambiente, devem ser observadas as seguintes premissas:

- aplicação de medidas para atenuar os efeitos negativos quanto ao impacto visual e eliminação de resíduos;
- adoção de alternativas para garantir que os níveis de ruído gerados pelos equipamentos e atividades da subestação não ultrapassem os limites estabelecidos na NBR 10151, conforme o tipo de área habitada da região;



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- obtenção de licenças ambientais, alvarás de obras e certificado do Corpo de Bombeiros;
- sistema de contenção de óleo para os transformadores de potência conectados a caixa separadora de água óleo, conforme NBR 13231;
- quando houver a previsão de construção de sistemas hidrossanitários garantir sua conexão ao sistema público de tratamento, ou quando não for possível, prever a instalação de dispositivos de tratamento.
- considerar a instalação de base de proteção contra animais nas estruturas em subestações.

7.3.1.2.1. 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.
- 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 anticolisão para avifauna, isolamento de condutores, lançamento de



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

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.

7.3.1.3. SUSTENTABILIDADE

O canteiro de obras da Liberty deve estar de acordo com a diretriz sustentável com o objetivo de otimizar o desempenho da sustentabilidade, mitigando o impacto negativo durante a construção do projeto e melhorando o impacto positivo.

Para mais detalhes sobre iniciativas de sustentabilidade, consulte a Diretriz de Soluções de Infraestrutura Sustentável GRI-GRI-GUI-E&C-0018.

7.3.1.4. SEGURANÇA PATRIMONIAL

Em todas as instalações devem ser previsto as questões de segurança patrimonial:

- Deve conter os 3 sistemas de segurança eletrônica:
 - Alarme;
 - CFTV;
 - CONTROLE DE ACESSO;
- Concertina sobre muro perimetral;
- Muro perimetrais acima de 2,20 altura;
- Sala de Comando com grade de proteção nas janelas;
- Portão social e veículos, fechado sem visada para interior da SE;
- Deve ser previsto um espaço físico na sala de comando para acomodar os equipamentos:
 - Rack;
 - Switch com 4 portas de rede disponíveis;
 - Link de 10 Mega;
 - 4 números de IP;
- Infraestrutura para instalação do sistema nas áreas internas e ou externas da instalação;

Para implantação do sistema deve ser consultado a áreas internas responsáveis pela segurança dos imóveis e instalações de cada empresa.

7.3.1.5. MEDIDAS DE PREVENÇÃO DE INCÊNDIO

Conforme GRI-GRI-OPI-E&C-0004 e a especificação técnica CNS-OMBR-MAT-22-1551-EDBR, as subestações devem ser projetadas e construídas de forma a eliminar e controlar os riscos de incêndio. Devem ser consideradas, além das normativas do Corpo de Bombeiros e demais normas aplicáveis, as seguintes medidas:



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Proteção de emendas em cabos: Não se recomenda a instalação de emendas em dutos e, se possível, as emendas devem ser cobertas com proteção à prova de fogo;
- Vedação de dutos e canaletas: Recomenda-se vedar o acesso à dutos/canaletas com o intuito de evitar a entrada de animais e propagação do fogo nas instalações, sendo o material de vedação livre de hidrocarbonetos;
- Separação dos cabos de controle e cabos de energia: Os cabos de comando e controle devem ser separados e protegidos dos cabos de energia, evitando assim, danos aos sistemas de controle e proteção em caso de incêndio nos cabos de energia e vice-versa;
- Proteção das conexões e terminais: Para evitar possíveis falhas nos terminais e/ou cabos dos equipamentos, recomenda-se a isolamento ou instalação de protetores nas conexões dos equipamentos;
- Sistema auxiliar de monitoramento de tensão CC: Recomenda-se a utilização de relé de tensão mínima CC, com o objetivo de proteger a instalação contra falhas das proteções em casos de tensão auxiliar CC inadequada;
- Tintas especiais de combate a incêndios: Recomenda-se a utilização de tintas à prova de fogo, que auxiliam na não propagação da chama ou fumaça por combustão;
- Sistema de prevenção e detecção de incêndio: Deve ser instalado em subestações novas e existentes;
- Mapeamento e classificação do nível de não conformidade: Critério de classificação baseado na observação/categorização de cada instalação, a fim de associar uma determinada pontuação para cada não conformidade. Com base na classificação, é possível identificar o nível de prioridade das intervenções nas subestações, de acordo com o índice de criticidade (quanto maior a pontuação, mais crítico) e o número de clientes;
- Deve ser utilizada para a aquisição do sistema de combate a incêndio por Water Mist;
- Deve ser utilizada para a aquisição do sistema de detecção e alarme contra incêndio por supressão;

Outras ações que visam a prevenção de incêndios, como a instalação de sistemas de ventilação em salas de baterias, sistemas de coleta e/ou descarte de ácido em caso de vazamento e revisão periódica dos equipamentos, podem ser executadas, desde que avaliadas e validadas pela Distribuidora.

Deve ser prevista a construção de abrigos para extintores de incêndio tipo carreta no pátio da subestação.

7.3.1.6. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA DAS PARTES ATIVAS

Em conformidade com as distâncias de segurança indicadas na Norma EN 61936-1 foi verificado no projeto padrão. No entanto, o cumprimento das distâncias regulamentares em vigor do país deve ser verificado.

Deve também ser levado em consideração as normas NBR14039, NBR5410, NR10 e NBR14022.

A distância de isolamento é a distância entre duas partes condutoras ao longo do caminho mais curto possível entre elas.

A distância mínima de isolamento N é a menor distância permitida no ar entre as partes ativas ou entre as partes ativas e a terra.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 03 - Folgas mínimas no ar IEC

Tensão mais alta para instalação hum (RMS) kV	Mínimo fase-terra e fase-para- liberação de fase N Instalação ao ar livre Milímetros
110	1100
132	1300
150	1500

Em comparação com a Tabela 03, o valor da distância mínima deve ser mantido se:

- Pelo menos 50% dos condutores se curvarem sob a influência de curto-circuito;
- Pelo menos 75% dos condutores se curvarem sob a influência do vento;

7.3.1.6.1. CRITÉRIOS DE PROTEÇÃO

As distâncias mínimas prescritas fase-fase e fase-terra devem ser levadas em consideração ao dispor os componentes em instalações externas de tipo aberto.

A instalação deve ser projetada de forma a impedir o acesso a áreas classificadas, levando em consideração a necessidade de acesso para operação e manutenção.

Portanto, devem ser fornecidas cercas externas e, onde as distâncias de segurança não puderem ser mantidas dentro da planta, devem ser instalados meios de proteção permanentes.

As seções da planta devem ser separadas por distâncias apropriadas, barreiras ou obstáculos de proteção.

As principais definições são relembradas abaixo:

- Distância de isolamento até a barreira: distância mínima permitida entre uma barreira e as partes ativas ou aquelas que podem atingir potenciais perigosos;
- Distância limite mínima: distância mínima permitida entre uma cerca de perímetro e partes ativas ou partes que podem atingir tensões perigosas;
- Zona de perigo: área limitada pela distância mínima de isolamento em torno de partes energizadas sem proteção completa contra contato direto (entrar na zona de perigo equivale a tocar em partes energizadas);
- Zona de Controlada: zona ao redor da zona de perigo cujo limite externo é limitado pela distância D_V ;
- Distância de trabalho: a distância mínima de segurança (D_W) que deve ser mantida entre qualquer parte ativa e qualquer pessoa que trabalhe em uma cabine ou de qualquer equipamento condutor manuseado diretamente;

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Altura mínima: a distância vertical mínima permitida entre superfícies acessíveis e partes ativas sem proteção contra contato direto ou outras partes que podem atingir tensões perigosas;

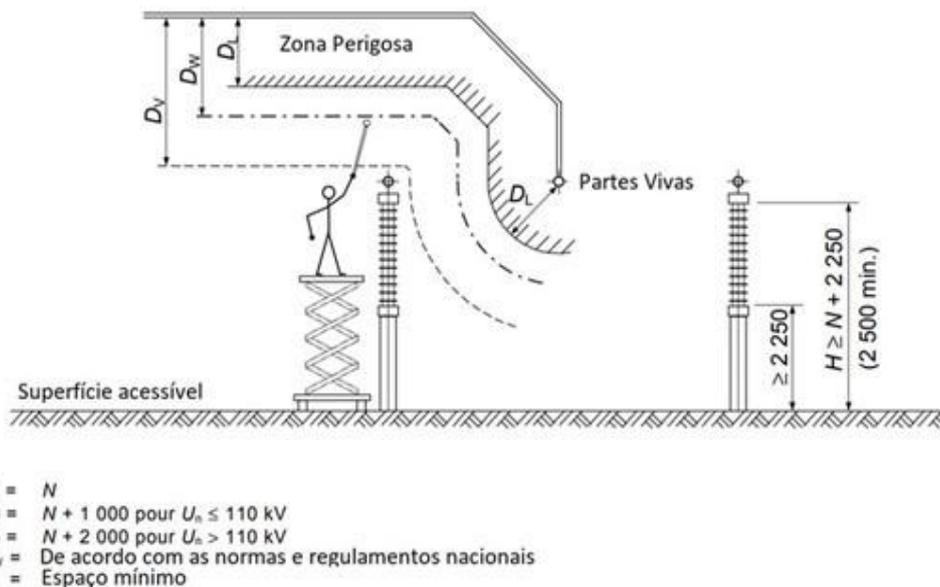


Figura 03 - Alturas e folgas mínimas de trabalho dentro de áreas de operação elétrica fechadas IEC – 61936

Sempre deve ser observado as normas vigentes locais, estaduais e ou federais, como por exemplo a NBR14039, NBR5410, NR-10 ou IEC2262.

7.3.1.6.2. BARREIRAS DE PROTEÇÃO OU FOLGAS DE OBSTÁCULOS

Dentro de uma instalação de energia elétrica, as seguintes folgas mínimas de proteção devem ser mantidas entre as partes vivas e a superfície interna de qualquer barreira protetora:

- Para paredes sólidas, sem aberturas, com uma altura mínima de 1 800 mm, a distância mínima da barreira de proteção é $B1 = N$;
- Para telas metálicas, telas ou paredes sólidas com aberturas, com altura mínima de 1 800 mm e grau de proteção IPXXB (ver IEC 60529), a folga mínima da barreira de proteção é $B2 = N + 80$ mm;

Para barreiras de proteção não rígidas e malhas de arame, os valores de folga devem ser aumentados para levar em consideração qualquer possível deslocamento da barreira ou malha de proteção.

Se for caso disso, devem ser instalados obstáculos de proteção com uma altura mínima de 1200mm e uma altura máxima de 1400mm.

Nas instalações de energia elétrica, deve ser mantida a seguinte distância mínima entre as partes energizadas e a superfície interna de qualquer obstáculo de proteção:

- Para paredes sólidas ou telas com menos de 1 800 mm de altura e para trilhos, correntes ou cordas, a distância mínima de proteção contra obstáculos é $O2 = N + 300$ mm (mínimo 600 mm);

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

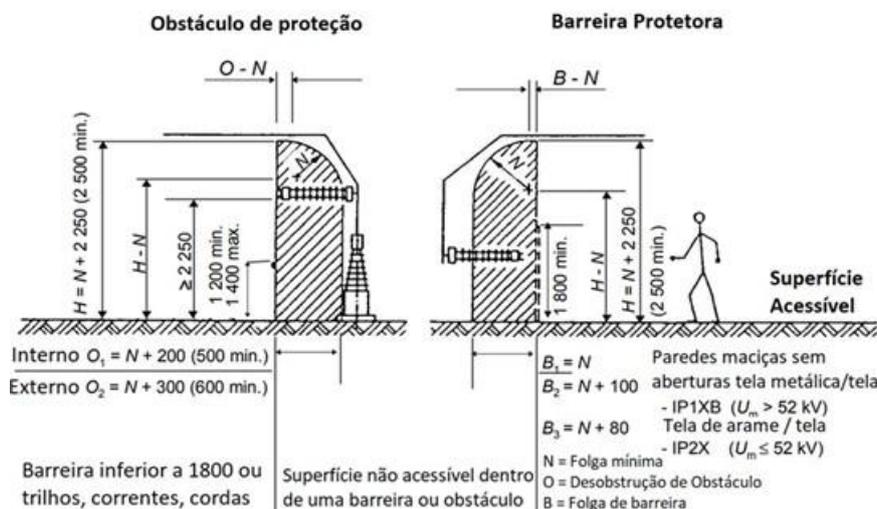


Figura 04 - Proteção contra contato direto por barreiras de proteção/obstáculos de proteção dentro de áreas de operação elétrica fechadas IEC - 61936

O acesso não autorizado a instalações externas deve ser impedido por meio de cercas externas. A altura e a construção das cercas devem ser tais que desencorajem a escalada.

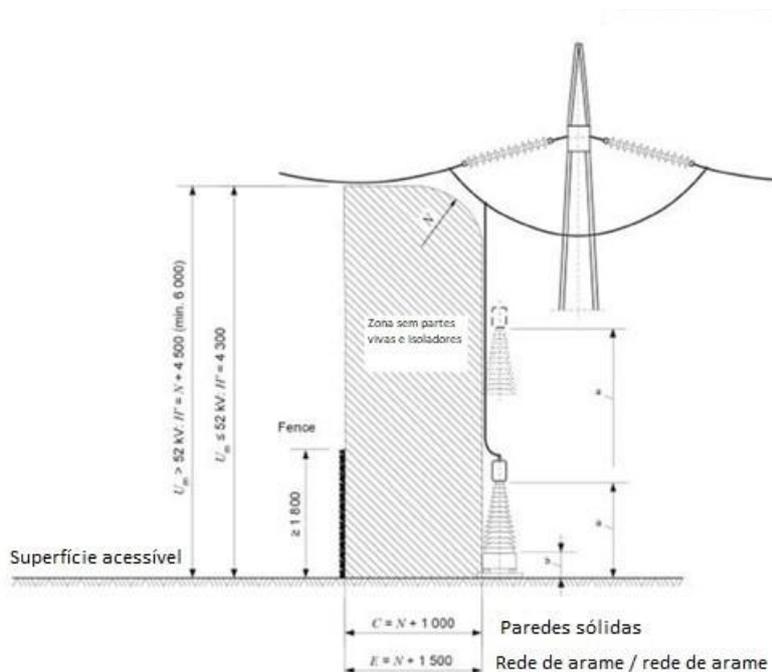


Figura 05 - Distâncias de limite e altura mínima até a cerca/parede externa IEC - 61936

C - Distância mínima entre parte viva e a parede de divisa;

E - Distância mínima entre parte viva e Tela de divisa;

N* - Folga mínima das partes vivas acima da superfície acessível na cerca externa;

N - Distância mínima da zona de perigo;



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

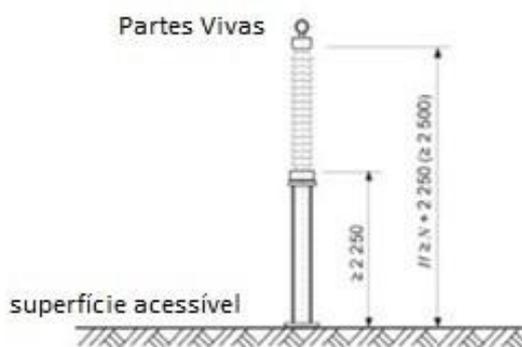
- a - Distância das partes energizadas menor que N, deve ser fornecida proteção por barreiras ou obstáculos;
- b - Distância for menor que 2250mm, deve ser providenciada proteção por barreiras ou obstáculos.

7.3.1.6.3. ALTURA MINIMA SOBRE A ÁREA DE ACESSO

A altura mínima (H) das partes vivas acima de superfícies ou plataformas onde apenas o acesso de pedestres é permitido deve ser a seguinte:

- Para partes vivas sem instalações de proteção, uma altura mínima $H = N + 2250\text{mm}$ (mínimo 3000mm) deve ser mantida. A altura H refere-se ao arqueamento máximo do condutor;
- A parte mais baixa de qualquer isolamento, por exemplo, a borda superior das bases metálicas do isolador, não deve estar a menos de 2250mm acima das superfícies acessíveis, a menos que outras medidas adequadas para impedir o acesso sejam fornecidas;

Se a altura indicada for inferior a 2250mm, é necessária proteção por barreiras ou obstáculos.



H - Folga mínima das partes vivas acima da superfície

N - Distância mínima da zona de perigo

Figura 06 - Alturas mínimas dentro de áreas de operação elétrica fechadas IEC – 61936

7.3.1.6.4. PROTEÇÃO PARA EDIFÍCIOS

Onde condutores desencapados cruzam edifícios que estão localizados dentro de áreas de operação elétrica fechadas, as seguintes folgas para o telhado devem ser mantidas na curvatura máxima:

- As folgas especificadas para partes energizadas acima de superfícies acessíveis, onde o teto é acessível quando os condutores estão energizados;
- $N + 500\text{mm}$ onde o telhado não pode ser acessado quando os condutores estão energizados;
- O2 na direção lateral da extremidade do telhado se o telhado for acessível quando os condutores estiverem sob tensão;

Nas proximidades de edifícios em áreas elétricas fechadas, os condutores nus devem ser mantidos nas seguintes distâncias, levando em consideração a deflexão/deflexão máxima no caso de conexões de corda:

- Parede externa com janelas sem tela: vão mínimo dado por W;
- Parede externa com janelas blindadas: barreiras de proteção B2;

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Parede externa sem janelas: N;

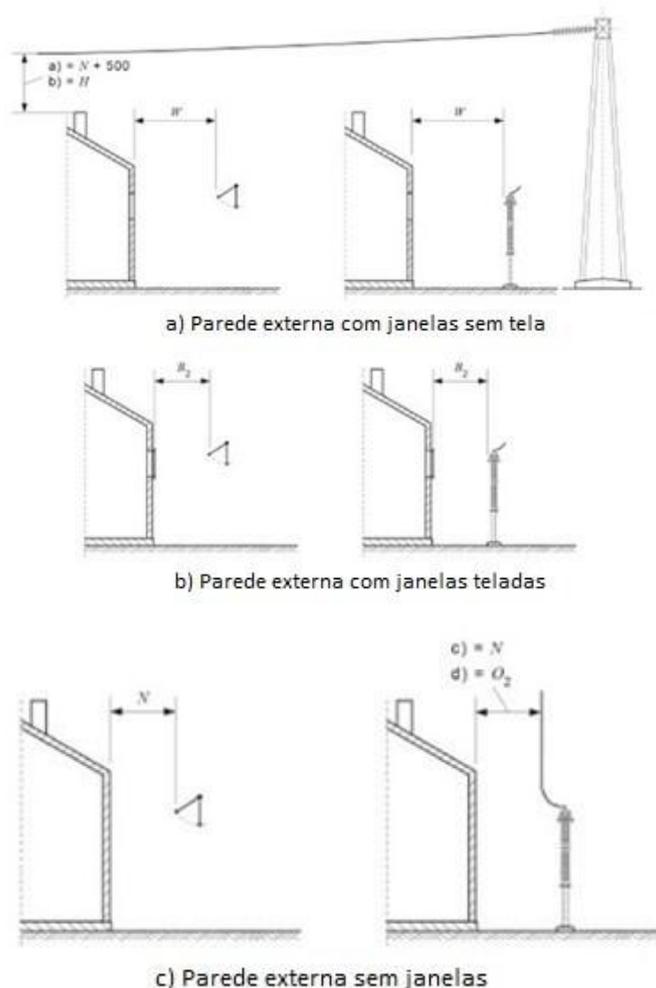


Figura 07 - Folga entre partes ativas e edificações IEC – 61936

7.3.1.6.5. CALÇADAS

As rotas de transporte, sua capacidade de carga, altura e largura devem ser adequadas para movimentos de unidades de transporte previstas e devem ser acordadas entre o fornecedor e o usuário.

Dentro de áreas de operação elétrica fechadas, é permitida a passagem de veículos ou outros equipamentos móveis sob ou próximo a partes energizadas (sem medidas de proteção), desde que atendidas as seguintes condições:

- Para um veículo, com as portas abertas e suas cargas, a distância mínima de aproximação às partes energizadas é $T = N + 100\text{mm}$ (mínimo 500mm);
- A altura mínima, H, das partes vivas acima das áreas acessíveis é mantida;

Nestas circunstâncias, as pessoas só podem permanecer em veículos ou equipamentos móveis se houver medidas de proteção adequadas no veículo ou equipamento móvel, por exemplo, o teto da cabine, para garantir que a zona de perigo acima definida não seja violada.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Para as folgas laterais entre as unidades de transporte e as partes vivas, aplicam-se princípios semelhantes.

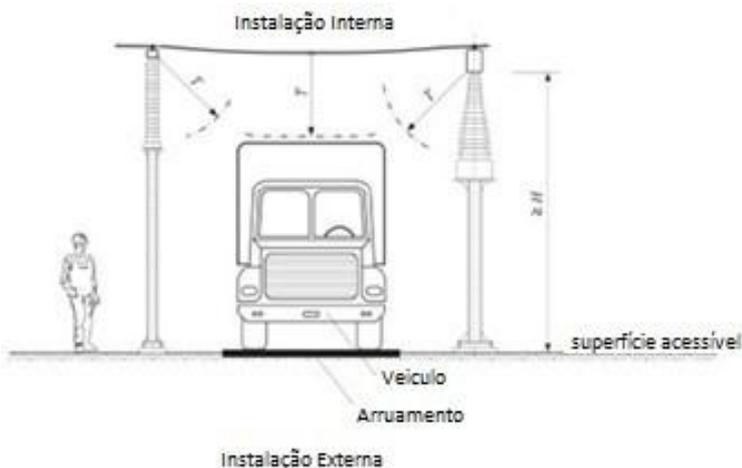


Figura 08 - Distância mínima de aproximação para transporte dentro de áreas elétricas de operação fechadas IEC - 61936

Quanto à prevenção de riscos elétricos durante a execução dos trabalhos, deve-se consultar a Instruções de trabalho vigentes (WKI-HSEQ-HeS-21-0323-EDBR, WKI-HSEQ-HeS-19-0133-EDBR e WKI-HSEQ-HeS-21-0320-EDBR).

7.3.1.7. CONDIÇÕES DE TRABALHO

Quanto as condições de trabalho devem ser verificadas:

- segurança e facilidade para o pessoal nas manobras locais de equipamentos e nos serviços de manutenção;
- ausência de obstáculos em zonas de trânsito para a circulação livre de pessoas e veículos;
- eliminação de superfícies escorregadias;
- sinalização adequada de todos os riscos (elétricos, mecânicos, etc.);
- conformidade com as disposições das Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho aplicáveis (NR 10, NR 18, NR 33 e NR 35);

7.3.1.8. CONFIABILIDADE E CUSTOS

Quanto a confiabilidade e custos deve ser verificada:

- escolha de equipamentos e materiais que permitam otimizar custos, em toda vida útil e prazos de construção;
- tamanho e desenvolvimento das subestações em concordância com as características do crescimento da demanda;
- adaptação das subestações a restrições externas tais como: regulamentações da autoridade reguladora, disponibilidade de espaço e possíveis penalizações;



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.3.2. TIPOS DE SUBESTAÇÕES

Nesta especificação técnica estão definidos os critérios de projeto para as subestações com os níveis de tensão indicados na Tabela 04.

Tabela 04 - Níveis de tensão das SED

Tipo de Conexão	Nível de Tensão no Primário (kV)	Nível de Tensão no Secundário (kV)	Tipo de Estrutura
AT/AT	138	69	Aérea / Aérea
AT/MT	138	34,5	Aérea / Abrigada
AT/MT	138	13,8/11,95	Aérea / Abrigada
AT/MT	69	34,5	Aérea / Abrigada
AT/MT	69	13,8/11,95	Aérea / Abrigada
MT/MT	34,5	13,8/11,95	Abrigada / Abrigada

Para o setor de MT deve sempre utilizar os padrões de arranjo estabelecidos no documento GRI-GRI-OPI-E&C-0001.

7.3.2.1. SUBESTAÇÕES AT/AT

Subestações AT/AT são instalações elétricas de alta potência e que devem garantir confiabilidade, segurança e flexibilidade.

As subestações AT/AT devem atender à demanda de potência da rede sem sobrecarga do autotransformador, tanto no cenário N como no cenário N-1.

A conexão da subestação AT/AT pode ser feita com duas ou mais linhas AT1. No caso de duas linhas, a conexão pode ser obtida exclusivamente:

- Conexão LILO de uma linha malhada com outras;
- 2 linhas radiais de outra subestação AT/AT;

As subestações AT/AT são divididas nas seguintes seções:

- Seção de Alta Tensão Primária (AT1): Contempla as entradas/saídas de linhas de AT1 e 2 barramentos;
- Seção de Transformação AT/AT: Contempla 2 autotransformadores AT/AT (conforme GST-002) e seus acessórios;
- Seção de Alta Tensão Secundária (AT2): Contempla as saídas de linhas de AT2 e 1 ou 2 barramentos;

A rede de alta tensão é operada com neutro solidamente aterrado para evitar tensão adicional no isolamento em caso de falha de aterramento.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

O serviço auxiliar da subestação AT/AT deve vir de uma fonte própria e/ou de uma rede de MT existente, que pode ser o terciário do autotransformador. Se houver duas fontes de alimentação, em caso de falta, uma deve suportar a carga da outra.

As subestações podem ser de dois tipos, de Função de Interface (FI) e de Função de Transformação (FT), diferenciando-se principalmente pelo tipo de barramento AT2.

7.3.2.1.1. SUBESTAÇÕES AT/AT COM FUNÇÃO DE INTERFACE (FI)

É uma subestação complexa e com alto valor de potência instalada, seu layout deve garantir confiabilidade e disponibilidade tanto em caso de falhas quanto em condições de manutenção, por esse motivo é necessária redundância nos equipamentos instalados.

A subestação AT/AT FI deve ser projetada para interface do sistema de transmissão em EAT com o sistema de distribuição em AT.

A SED AT/AT FI deve ser conforme diagrama da Figura 09.

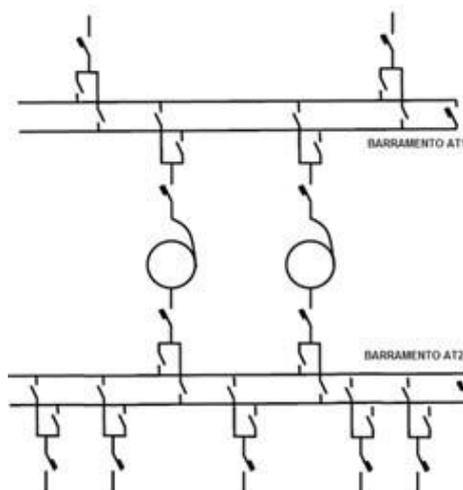


Figura 09 - Diagrama unifilar simplificado SED AT/AT com Função de Interface

Os equipamentos principais de cada seção da subestação estão indicados na Tabela 05.

Tabela 05 - Equipamentos SED AT/AT FI

Seção	Equipamento	Quantidade	Especificação
AT1 (138kV)	Módulo Híbrido, Modelo Y1, Tensão 145 kV	4	GSCH002
AT1 (138kV)	Módulo Híbrido, Modelo Single Bay, Tensão 145 kV	1	GSCH002
Transformação AT/AT	Autotransformador AT/AT (Nota 2)	2	GST002
AT2 (69kV)	Módulo Híbrido, Modelo Y1, Tensão 72,5 kV	7	GSCH002
AT2 (69kV)	Módulo Híbrido, Modelo Single Bay, Tensão 72,5 kV	1	GSCH002

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Notas:

1. A quantidade de entradas de linhas AT1 e de saídas de linhas AT2 podem variar de acordo com o projeto da SED;
2. O projetista pode optar por utilizar autotransformador trifásico ou banco de autotransformadores monofásico. Os autotransformadores devem ser conforme especificação GST002.

7.3.2.1.2. SUBESTAÇÃO AT/AT COM FUNÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO (FT)

A subestação AT/AT com função de transformação é uma opção menos complexa possuindo apenas 1 barramento AT2. A SED AT/AT FT deve ser conforme diagrama da Figura 10.

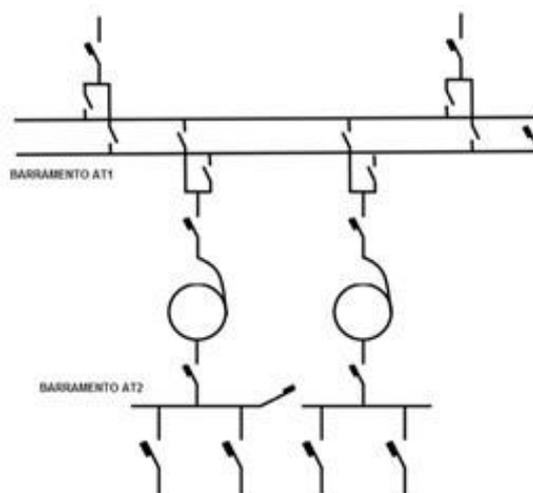


Figura 10 - Diagrama unifilar simplificado SED AT/AT com Função de Transformação

As subestações AT/AT FT devem ser utilizadas quando a quantidade de saídas de linhas AT2 for igual ou menor que 4. Quando a quantidade de saídas de linhas AT2 for superior a 4, devem ser construídos dois barramentos AT2, conforme SED AT/AT FI.

Os equipamentos principais de cada seção da subestação estão indicados na Tabela 06:

Tabela 06 - Equipamentos SED AT/AT FT

Seção	Equipamento	Quantidade	Especificação
AT1 (138kV)	Módulo Híbrido, Modelo Y1, Tensão 145 kV	4	GSCH002
AT1 (138kV)	Módulo Híbrido, Modelo Single Bay, Tensão 145 kV	1	GSCH002
Transformação AT/AT	Autotransformador AT/AT (Nota 2)	2	GST002
AT2 (69kV)	Módulo Híbrido, Modelo Single Bay, Tensão 72,5 kV	7	GSCH002

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Notas:

1. A quantidade de entradas de linhas AT1 e de saídas de linhas AT2 podem variar de acordo com o projeto da SED;
2. O projetista pode optar por utilizar autotransformador trifásico ou banco de autotransformadores monofásico. Os autotransformadores devem ser conforme especificação GST002.

7.3.2.2. SUBESTAÇÕES AT/MT

A subestação AT/MT deve ser capaz de atender toda a demanda de potência da rede sem sobrecarga do transformador no cenário N.

No caso de uma contingência do Transformador (cenário N-1), toda a demanda de potência da rede deve ser atendida através da capacidade de sobrecarga dos outros transformadores da subestação, Tabela 07, e/ou da contribuição da rede MT.

Tabela 07 - Capacidade de Sobrecarga no cenário N-1

Tipo de Transformador	Capacidade de Sobrecarga
Transformador abaixo de 20 anos e resultados dos testes elétricos e análise de óleo conforme GST002	20%
Transformador entre 20 anos e 40 anos ou resultados dos testes elétricos e análise de óleo conforme GST002	10%
Transformador acima de 40 anos ou resultados dos testes elétricos e análise de óleo conforme GST002	0%

As novas subestações AT/MT podem ser conectadas à rede de AT integrando-as em uma linha de AT existente ou conectando-as à outra subestação existente.

- Em casos de uma conexão com uma linha de AT, pode ser adotado o seguinte esquema:
 - Conexão Tap (Figura 11);
 - LILO (Figura 12);
 - Conexão Tap Duplo (Figura 13).

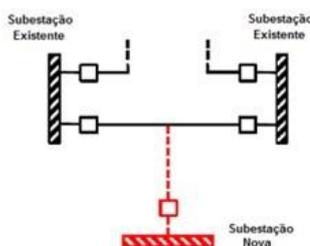


Figura 11 - Conexão em Derivação (Tap)

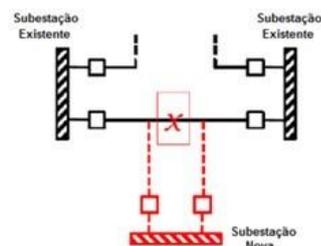


Figura 12 - Conexão LILO

Especificação Técnica no. 0007
cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

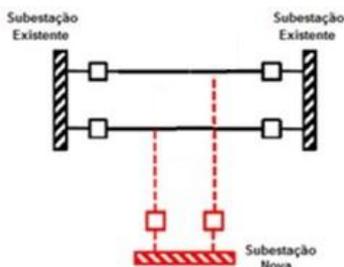
Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

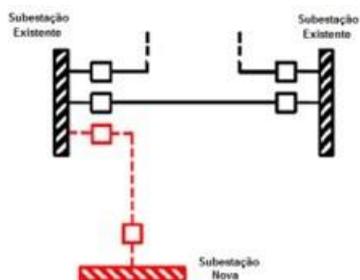
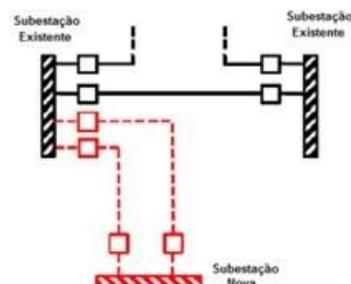
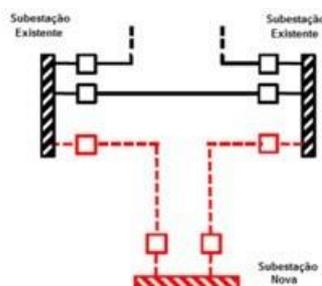
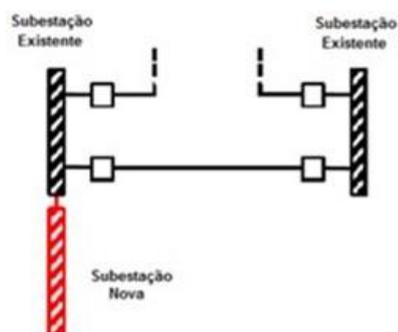
Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids


Figura 13 - Conexão em Derivação (Tap Dupla)
Nota: Nesta solução deve ser previamente estudado junto a proteção do sistema

- Em casos de conexão com as subestações existentes, podem ser adotados os seguintes esquemas:
 - Conexão radial (Figura 14);
 - LILO de vãos (bays) novos (Figura 15);
 - Conexão radial dupla (Figura 16);
 - Adjacente à subestação existente (Figura 17);
 - Conexão Tap Dupla (Figura 18).


Figura 14 - Conexão Radial

Figura 16 - Conexão Radial Dupla

Figura 15 - Conexão LILLO de vãos (bays) novos

Figura 17 - Adjacente à Subestação Existente

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

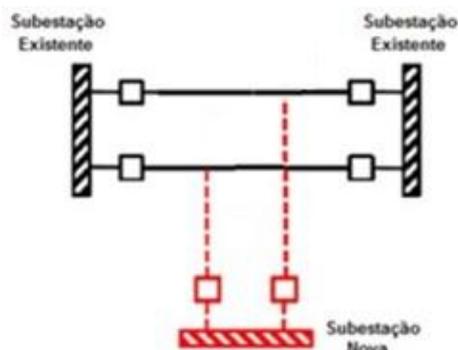
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

**Figura 18** - Conexão em Derivação (Tap Dupla)

O projeto de novas subestações AT/MT deve ser modular, divididos em seções:

- Seção AT: inclui barramento isolado a ar ou SF6, isoladores poliméricos, para-raios, transformadores de potencial e bays de entrada/saída de linha e modulo híbrido;
- Seção de Transformação: inclui transformadores (de uma a três unidades para cada subestação AT/MT) e os seus equipamentos auxiliares;
- Seção MT: eletrocentro, construções pré-fabricadas ou em alvenaria com switchgear de MT, incluindo o barramento MT, painéis, IHM, seccionamentos de MT, banco capacitor, transformador de serviços auxiliares e equipamentos (comando e controle) para a subestação (ver Nota);

Nota: A SED deve operar com a barra de MT aberta, e poderá operar temporariamente fechada em casos de transferência de carga entre transformadores, desde que as correntes de curto-circuito não superem 16 kA ou a capacidade dos equipamentos instalados.

A abordagem modular permite otimizar, por meio de um número limitado de módulos, o projeto de novas subestações de AT/MT com base em todos os esquemas de subestações de AT/MT descritos na diretriz GRI-GRI-GUI-E&C-0005.

Para cada módulo é definido:

- a planimetria e as principais vistas ortográficas, com as medidas mais relevantes;
- os equipamentos de potência que constituem o próprio módulo, com indicação das principais características;
- o padrão técnico e a quantidade de equipamentos;

7.3.2.2.1. DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS

De acordo com as seguintes características, 12 (doze) tipos de subestações são definidas como Liberty, numeradas de 1 a 12. Os requisitos funcionais são:

- **Modo AT:** barramento AT simples ou barramento AT duplo;
- **Componente de seção AT:** Híbrido ou GIS (função do tamanho do terreno disponível);
- **Número de níveis de tensão MT:** um ou dois;
- **Número de transformadores AT/MT:** menos de 2 ou 3;



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 08 - Classificação do tipo Liberty

Liberty	Barramento AT	Setor AT	N. MT_BT	N. TR
1	Barra Simples	Híbrido	1V	2TR
2	Barra Simples	GIS	1V	2TR
3	Barra Simples	Híbrido	1V	3TR
4	Barra Simples	GIS	1V	3TR
5	Barra Dupla	Híbrido	1V	2TR
6	Barra Dupla	GIS	1V	2TR
7	Barra Dupla	Híbrido	1V	3TR
8	Barra Dupla	GIS	1V	3TR
9	Barra Simples	Híbrido	2V	2TR
10	Barra Simples	GIS	2V	2TR
11	Barra Simples	Híbrido	2V	3TR
12	Barra Dupla	GIS	2V	3TR

Ao definir os seguintes requisitos adicionais, 27 subtipos Liberty podem ser determinados:

Tabela 09 - Subtipos funcionais da classificação de Liberty

Liberty	Site	Barramento AT	AT	MT	N. MT_BT	N. TR
1.A	Ao Tempo	Barra Simples	Híbrido	2 Container	1V	2TR
1.A.1	Ao Tempo	Barra Simples	Híbrido	1 Container	1V	2TR
1.B	Semi Abrigado	Barra Simples	Híbrido	Alvenaria	1V	2TR
2.A	Ao Tempo	Barra Simples	GIS	2 Container	1V	2TR
2.B	Semi Abrigado	Barra Simples	GIS	Alvenaria	1V	2TR
2.C	Abrigado	Barra Simples	GIS	-	1V	2TR
3.A	Ao Tempo	Barra Simples	Híbrido	2 Container	1V	3TR



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

3.B	Semi Abrigado	Barra Simples	Híbrido	Alvenaria	1V	3TR
4.A	Ao Tempo	Barra Simples	GIS	2 Container	1V	3TR
4.B	Semi Abrigado	Barra Simples	GIS	Alvenaria	1V	3TR
4.C	Abrigado	Barra Simples	GIS	-	1V	3TR
5.A	Ao Tempo	Barra Dupla	Híbrido	2 Container	1V	2TR
5.B	Semi Abrigado	Barra Dupla	Híbrido	Alvenaria	1V	2TR
6.A	Ao Tempo	Barra Dupla	GIS	2 Container	1V	2TR
6.B	Semi Abrigado	Barra Dupla	GIS	Alvenaria	1V	2TR
6.C	Abrigado	Barra Dupla	GIS	-	1V	2TR
7.A	Ao Tempo	Barra Dupla	Híbrido	2 Container	1V	3TR
7.B	Semi Abrigado	Barra Dupla	Híbrido	Alvenaria	1V	3TR
8.A	Ao Tempo	Barra Dupla	GIS	2 Container	1V	3TR
8.B	Semi Abrigado	Barra Dupla	GIS	Alvenaria	1V	3TR
8.C	Abrigado	Barra Dupla	GIS	-	1V	3TR
9.B	Semi Abrigado	Barra Simples	Híbrido	Alvenaria	2V	2TR
10.B	Semi Abrigado	Barra Simples	GIS	Alvenaria	2V	2TR
10.C	Abrigado	Barra Simples	GIS	-	2V	2TR
11.B	Semi Abrigado	Barra Dupla	Híbrido	Alvenaria	2V	2TR
12.B	Semi Abrigado	Barra Dupla	GIS	Alvenaria	2V	2TR
12.C	Abrigado	Barra Dupla	GIS	-	2V	2TR

No caso de espaços particularmente apertados ou requisitos da administração pública local, toda a subestação pode ser realizada em um único edifício, cujas características serão definidas de acordo com as necessidades de cada projeto.

7.3.2.2.2. SUBESTAÇÃO PADRÃO

A Subestação Padrão deve ser conectada à rede de AT através das conexões indicadas no item acima e seu padrão construtivo deve seguir a GRI-GRI-OPI-E&C-0001.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

O diagrama unifilar da Subestação Padrão AT/MT deve ser conforme Figura 19.

Neste capítulo são apresentados todos os componentes que podem ser instalados dentro da subestação. Os componentes serão descritos de acordo com a classificação das treze (13) seções mostradas na Figura 19.

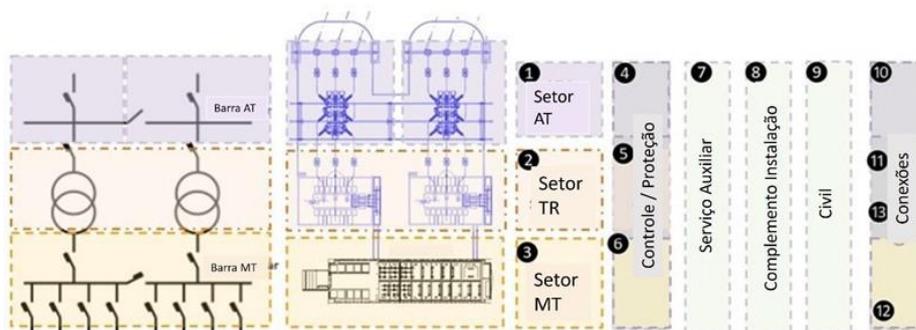


Figura 19 - Treze (13) seções que compõem uma subestação AT/MT

Os equipamentos principais de cada seção da subestação padrão estão indicados na Tabela 10.

Tabela 10 - Equipamentos SED AT/MT Padrão

Seção	Equipamento	Quantidade	Especificação
AT	Transformador de Potencial	6	GSCT-014
	Para-raios AT	6	GSCH-005
	Módulo Híbrido, Modelo Y2	2	GSCH-002
Transformação AT/MT	Para-raios AT	6	GSCH-005
	Transformador de Potência AT/MT	2	GST-002
	Para-raios MT	6	GSCH-005
MT	Barramento de MT	-	(Nota 1)
	Banco de Capacitor	(Nota 2)	E-SE-009
	Transformador Serviço Auxiliar	2	GST-001

Notas:

1. Variável conforme corrente nominal: Container ou Switchgear (GSCM-009 e GSCM-011).
2. Variável conforme potência do transformador.

7.3.2.2.3. SUBESTAÇÃO SIMPLIFICADA

A Subestação Simplificada pode ser implementada apenas no caso de a mesma ser projetada para atender as necessidades de qualidade do serviço, e não as necessidades de carga.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Subestação Simplificada é caracterizada por uma conexão radial ou uma conexão LILO na Seção AT e seu padrão construtivo deve seguir a CNS-OMBR-MAT-19-0409 ou GRI-GRI-OPI-E&C-0001

A alimentação da Subestação Simplificada de forma radial pode ser realizada através de derivação de uma linha de alta tensão.

O uso da Subestação Simplificada requer que, no caso do cenário N-1, a rede de MT existente seja capaz de atender toda a demanda de potência (indisponibilidade do único transformador instalado).

Os diagramas unifilares da Subestação Simplificada devem ser conforme Figuras 20 e 21.

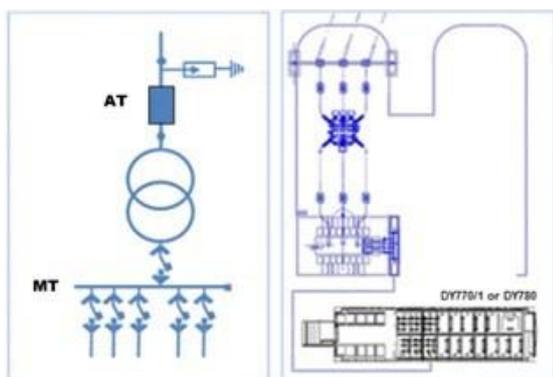


Figura 20 - Diagrama Subestação Simplificada Radial e TAP

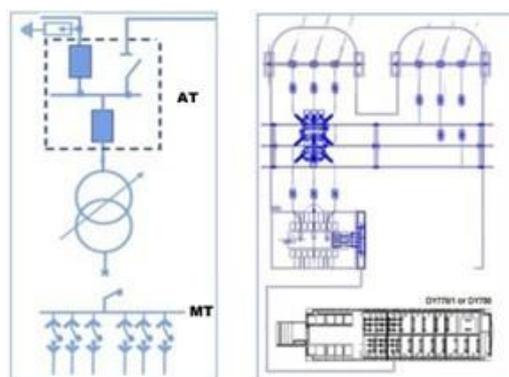


Figura 21 - Diagrama Subestação Simplificada LILO

Os equipamentos principais de cada seção da subestação simplificada estão indicados na Tabela 11.

Tabela 11 - Equipamentos SED AT/MT Simplificada

Seção	Equipamento	Quantidade	Especificação
AT (Radial)	Transformador de Potencial	3	GSCT-014
	Para-raio AT	3	GSCH-005
	Módulo Híbrido, Modelo Single Bay	1	GSCH-002
AT (LILO)	Transformador de Potencial	6	MAT-OMBR-MAT-20-0945-EDBR
	Para-raio AT	6	GSCH-005
	Módulo Híbrido, Modelo Y2	1	GSCH-002
Transformação AT/MT	Para-raio AT	3	GSCH-005
	Transformador de Potência AT/MT (Nota 1)	1	GST-002
	Para-raio MT	3	GSCH-005
MT	Barramento de MT	-	(Nota 2)
	Banco de Capacitor	(Nota 3)	E-SE-009
	Transformador Serviço Auxiliar	2	GST-001

Notas:

1. Normalmente, com potência máxima de 25MVA.
2. Variável conforme corrente nominal: Container ou Switchgear (GSCM-009 E GSCM-011).
3. Variável conforme potência do transformador.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.3.2.2.4. SUBESTAÇÃO ESPECIAL

A Subestação Especial deve ser utilizada apenas em casos específicos, de alta confiabilidade, concentração de carga.

a) Subestação Especial Nodal

Para a subestação especial tipo nodal, a seção primária, deve possuir no mínimo 3 alimentações de linhas de AT não puramente radiais e barramento duplo de AT.

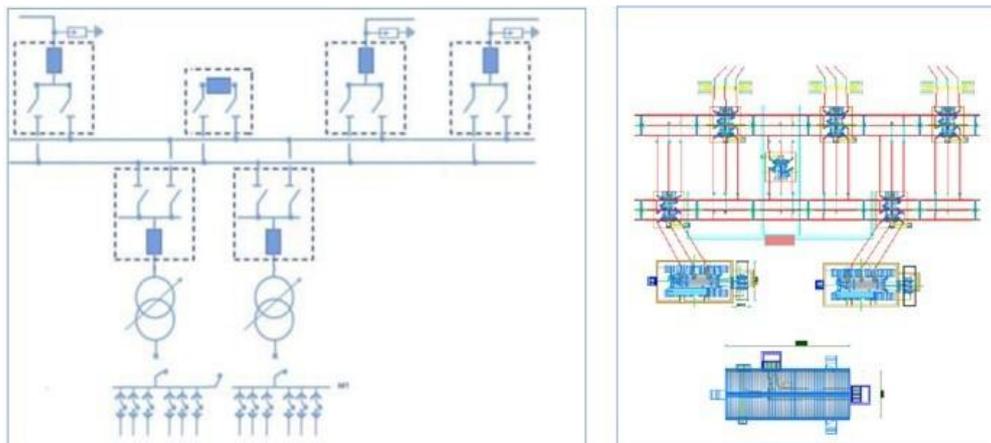


Figura 22 - Diagrama Subestação Especial Nodal

Os equipamentos principais de cada seção da subestação especial nodal estão indicados na Tabela 12.

Tabela 12 - Equipamentos SED AT/MT Especial Nodal

Seção	Equipamento	Quantidade	Especificação
AT	Transformador de Potencial	9	GSCT-014
	Para-raios AT	9	GSCH-005
	Módulo Híbrido, Modelo Y1	5	GSCH-002
	Módulo Híbrido, Modelo Single Bay	1	GSCH-002
Transformação AT/MT	Para-raios AT	6	GSCH-005
	Transformador de Potência AT/MT	2	GST-002
	Para-raios MT	6	GSCH-005
MT	Barramento de MT	-	(Nota 1)
	Banco de Capacitor	(Nota 2)	E-SE-009
	Transformador Serviço Auxiliar	2	GST-001

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Notas:

1. Variável conforme corrente nominal: Container ou Switchgear (GSCM-009 E GSCM-011).
 2. Variável conforme potência do transformador.
- b) Subestação Especial com 3 transformadores

A Subestação Especial com 3 transformadores deve ser conectada à rede de AT através de conexão de LILO.

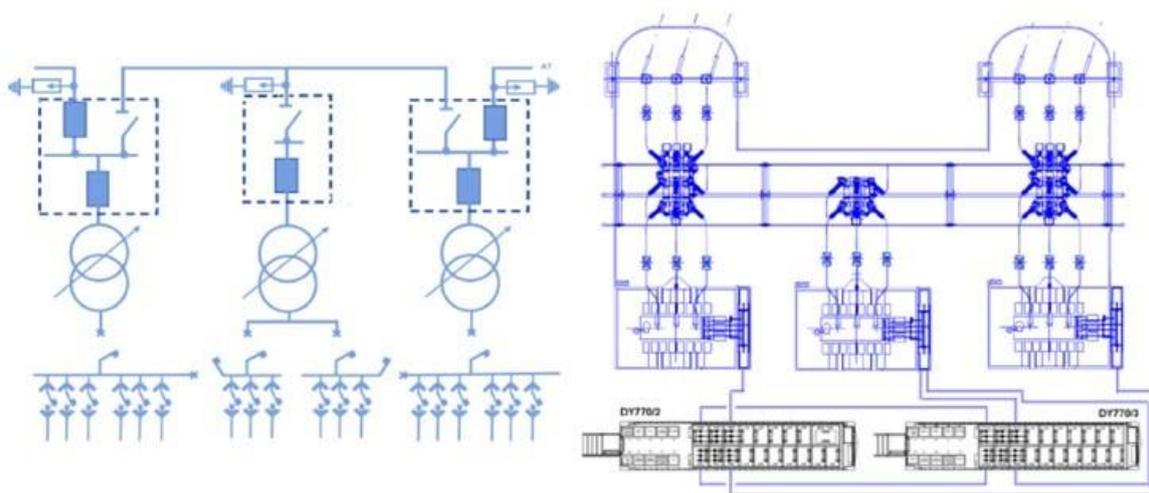


Figura 23 - Diagrama Subestação Especial com 3 Transformadores

Os equipamentos principais de cada seção da subestação especial estão indicados na Tabela 13.

Tabela 13 - Equipamentos SED AT/MT Especial 3 Transformadores

Seção	Equipamento	Quantidade	Especificação
AT	Transformador de Potencial	6	GSCT-014
	Para-raios AT	6	GSCH-005
	Módulo Híbrido, Modelo Y2	2	GSCH-002
	Módulo Híbrido, Modelo Single Bay (Nota 4)	1	GSCH-002
Transformação AT/MT	Para-raios AT	9	GSCH-005
	Transformador de Potência AT/MT	3	GST-002
	Para-raios MT	9	GSCH-005
MT	Barramento de MT (Nota 1)	-	(Nota 2)
	Banco de Capacitor	(Nota 3)	E-SE-009
	Transformador Serviço Auxiliar	2	GST-001



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Notas:

1. O barramento de MT deve conter 4 seções, sendo 2 para o transformador central.
2. Variável conforme corrente nominal: Container ou Switchgear (008GSCM-009 E GSCM-011).
3. Variável conforme potência do transformador.
4. Para flexibilizar a operação, outra configuração do módulo Híbrido existente na GSCH-002 pode ser adotada para esta configuração.

7.3.2.3. SUBESTAÇÕES MT/MT

Algumas áreas são atendidas por redes de MT exploradas com níveis de tensão mais altos do que os usualmente adotados para a distribuição. Essas redes podem ser usadas como sub-redes de transmissão.

Uma nova subestação MT / MT (34,5 / 13,8 – 11,95 kV) pode ser construída nessas áreas, desde que haja um aumento na demanda de novas cargas ou necessidade de melhoria de QoS e menor custo global.

Para o desenvolvimento do projeto das subestações MT / MT deve ser considerado 3 pontos importantes:

- Zona MT1 (34,5kV): (1) uma ou (2) duas linhas de alimentação de entrada em MT1, considerando a restrição técnica da região;
- Transformação: 1 (um) ou 2 (dois) transformadores MT1 / MT2;
- Zona MT2 (13,8 – 11,95 kV): até (6) seis linhas/circuitos de saída para cada transformador MT1 / MT2;

As soluções construtivas devem garantir:

- Operação eficiente da rede;
- Manobras em caso de contingência;
- Permitir a manutenção com o mínimo de intervenção na rede;
- Crescimento ou desenvolvimento da subestação;
- Proporcionar a segurança das pessoas, da instalação e dos equipamentos instalados.

Existem 2 (dois) tipos de configurações que podem ser adotadas, com 1 transformador (tipo 1) ou 2 transformadores (tipo 2).

A escolha da configuração depende da demanda de energia a ser fornecida, as perspectivas de crescimento da carga e as condições técnicas da rede que serão definidas por cada empresa.

Para novas instalações é recomendado a solução que utiliza 2 (dois) transformadores MT1 / MT2 e um switchgear (comutador) de média tensão, que garante maior confiabilidade em condições normais e de contingência na hipótese de falha de um transformador de potência.

Os alimentadores, fatores de carga e os limites máximos de corrente admissível das linhas de média tensão em condições normais e de contingência devem observar o indicado na GRI-GRI-GUI-E&C-0005 e GRI-GRI-WKI-E&C-0004.

A área destinada a implantação das subestações deve ser de preferencialmente protegida por estrutura sólida (parede em alvenaria). Além disso, em relação à avaliação dos riscos, a instalação deve incluir:

- Dispositivo anti-furto;

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Proteção ativa e/ou passiva contra incêndio;
- Proteção contra raios;

O equipamento pode ser instalado num edifício construído no local (alvenaria) ou em um centro de transformação padronizado (container) de acordo com a especificação local. Todos os equipamentos de energia devem ter fácil acesso de modo que permita ser instalado ou removido do seu lugar sem a necessidade de remoção de outro equipamento.

Os equipamentos da SED MT/MT cuja instalação seja em alvenaria ou container deve contemplar:

- Switchgear de MT;
- Painéis de proteção e controle;
- Sistema de ventilação e anticondensação;
- Serviço auxiliar (transformador, painéis e baterias);
- Proteções e telecontrole;
- Sistema de medição de qualidade;

Em relação às distâncias elétricas e de segurança estas devem cumprir as regulamentações e normas em vigor.

7.3.2.3.1. TIPO 1

Esta solução corresponde a um esquema simples de subestação MT / MT. A alimentação através de uma linha nova ou existente deve ser compatível com os padrões de qualidade exigidos para a região. A configuração normal para este tipo corresponde à Figura .

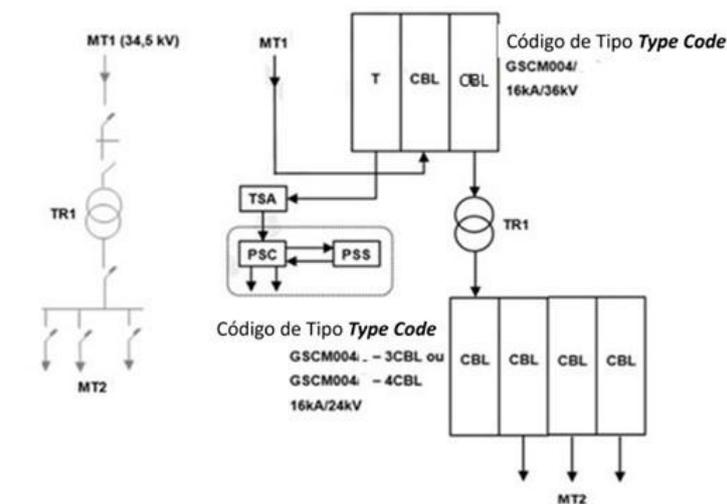


Figura 24 - Diagrama Subestação MT/MT - Tipo 1 (1 MT1 + 1T)

Este tipo de solução só deve ser adotado quando não houver perspectiva futura de crescimento de carga na região e ainda houver possibilidade de atendimento dos circuitos/alimentadores de saída MT2 por circuitos adjacentes na região, em caso de falha ou indisponibilidade do transformador de potência ou outro componente da subestação.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Os equipamentos principais de cada seção da subestação Tipo 1 estão indicados na Tabela 14.

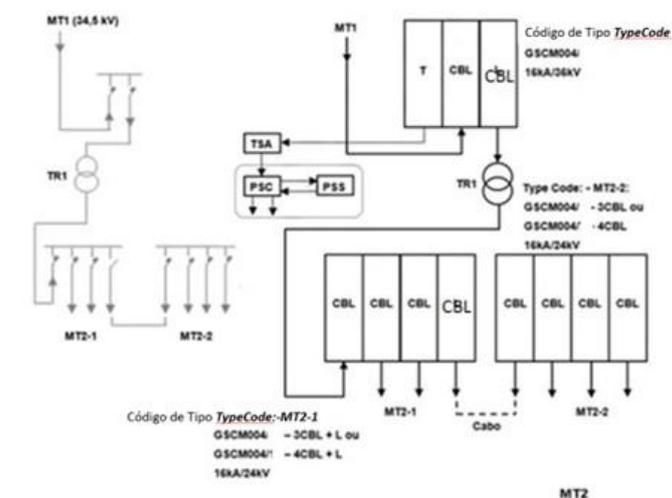
Tabela 14 - Equipamentos SED MT/MT Tipo 1

Seção	Equipamento	Quantidade	Especificação
MT 1	Switchgear (Nota 1)	1	GSCM-004
	Transformador Serviço Auxiliar	2	GST-001
	PSC - Power Switchgear and Controlgear	1	GSTZ-112
	PSS - Power Supply Station	1	GSTZ-111
Transformação MT/MT	Transformador de Potência MT/MT	1	GST-002
MT 2	Switchgear (Nota 1)	1	GSCM-004

Notas:

- (2) uma linha de alimentação de entrada MT1 com disjuntor;
(1) uma linha de saída para o transformador de serviço auxiliar (TSA) com fusíveis;
(1) uma linha de entrada, vinda do transformador de potência, com disjuntor;
- Até (3) três linhas/circuitos de saída MT2 com disjuntor.

Se forem necessários mais de (3) três linhas/circuitos de saída MT2 na solução anterior, observada as suas restrições de aplicação e limitado ao máximo de (6) linhas/circuitos de saída, é possível adicionar outro Switchgear de acordo com o padrão GSCM004, conforme ilustrado na Figura 25.

**Figura 25** - Diagrama Subestação MT/MT - Tipo 1 (1 MT1 + 1T + até 6 MT2)

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Se houver previsão futura de ampliação da Subestação MT / MT para receber mais uma linha de alimentação de entrada e mais um transformador de potência que serão instalados posteriormente a solução construtiva abaixo indicada na Figura 26.

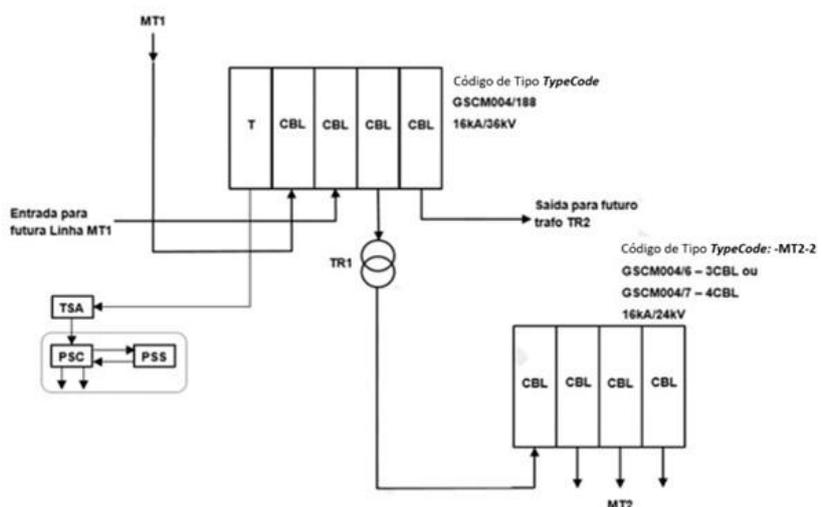


Figura 26 - Diagrama Subestação MT/MT para futura ampliação

Se a Subestação MT/MT requerer (2) dois circuitos de alimentação MT1 devem ser observados:

- Sistema de Conexão LILO: condição operacional com uma linha de entrada e uma de saída para cada circuito de entrada MT1;
- Backup de linha – Reserva (Sistema Seletivo): condição de linha N – 1 onde a linha reserva opera somente na hipótese de falha da linha principal de entrada.

Em ambos os casos a configuração é a mesma, conforme Figura 27 e Figura 28, tendo como única diferença a operação do disjuntor do circuito.

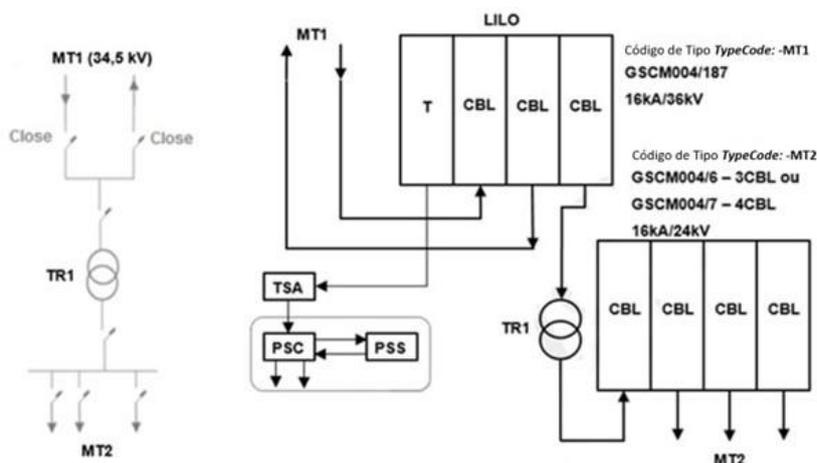


Figura 27 - Diagrama Subestação MT/MT LILO

Especificação Técnica no. 0007**cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR**

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

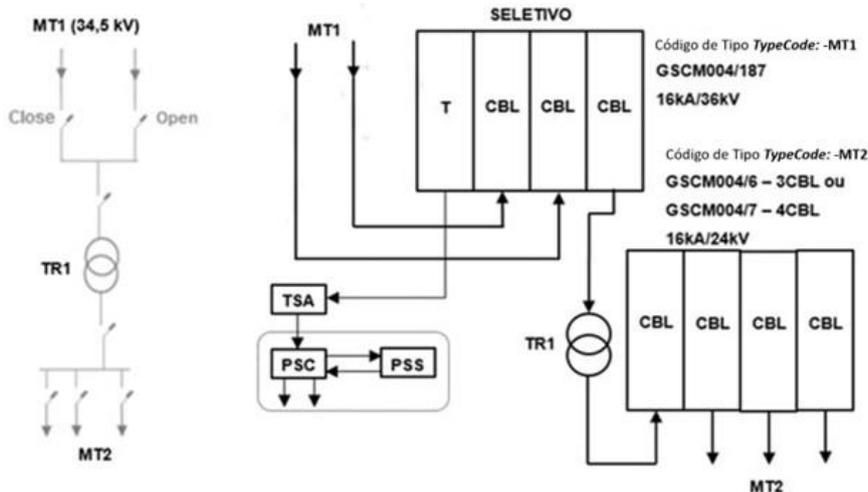


Figura 28 - Diagrama Subestação MT/MT Seletivo N-1

7.3.2.3.2. TIPO 2

Esta solução corresponde a um esquema de uma subestação com (2) dois transformadores MT / MT:

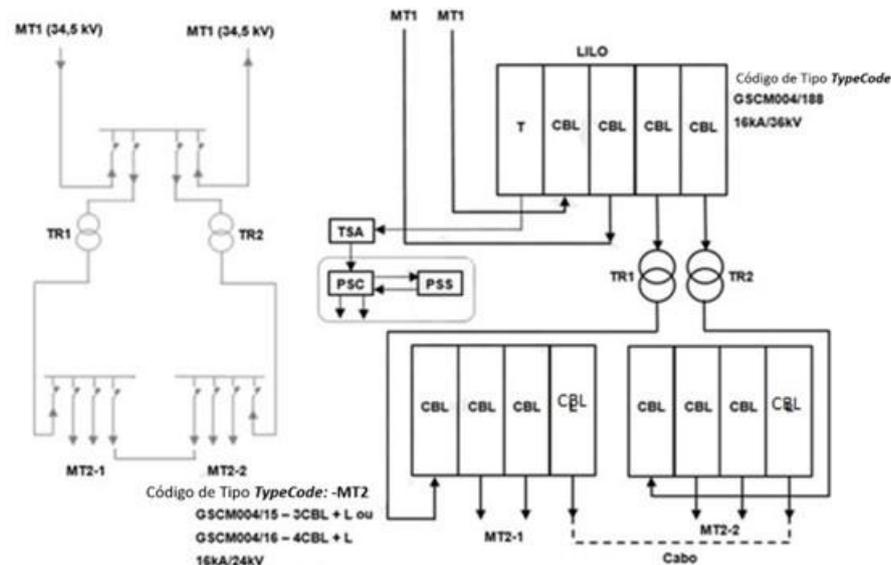


Figura 29 - Diagrama Subestação MT/MT - Tipo 2 (2 MT1 + 2T)

Os equipamentos principais de cada seção da subestação Tipo 2 estão indicados na Tabela 15.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 15 - Equipamentos SED MT/MT Tipo 2

Seção	Equipamento	Quantidade	Especificação
MT 1	Switchgear (Nota 1)	1	GSCM-004
	Transformador Serviço Auxiliar	2	GST-001
	PSC - Power Switchgear and Controlgear	1	GSTZ-112
	PSS - Power Supply Station	1	GSTZ-111
Transformação MT/MT (Nota 2)	Transformador de Potência MT/MT	2	GST-002
MT 2	Switchgear (Nota 3)	2	GSCM-004

Notas:

- (4) duas linhas de entrada/saída MT1 com (2) dois disjuntores;
(2) duas linhas de saída, uma para cada transformador de potência, com disjuntores;
(1) uma linha de saída para o transformador de serviço auxiliar (TSA) com fusíveis.
- Somente se devidamente justificados eles serão instalados em sala elétrica;
- (1) uma linha de entrada, vinda de cada transformador de potência, com disjuntor;
(1) uma linha de entrada ou saída para a interligação dos módulos MT2 com disjuntor;
Até (3) três linhas/circuitos de saída MT2 com disjuntor.

Neste tipo de configuração, em caso de falha ou indisponibilidade do transformador de potência ou de outro componente da subestação, pode ser usado o disjuntor de interligação para a alimentação da de uma barra MT2 através da outra.

Se forem necessários mais de (3) três linhas/circuitos de saída MT2 e limitado ao máximo de (6) linhas/circuitos de saída, é possível adicionar outro Switchgear de acordo com o padrão GSCM004, conforme ilustrado na Figura 25.

Caso a subestação MT / MT esteja localizada no final da linha ou tenha apenas uma linha de entrada é admitido usar o esquema indicado na Figura 30. Este tipo de solução só deve ser adotado quando houver contingência de atendimento dos circuitos/alimentadores de saída MT2 por circuitos adjacentes na região, em caso de falha ou indisponibilidade do transformador de potência ou outro componente da subestação.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

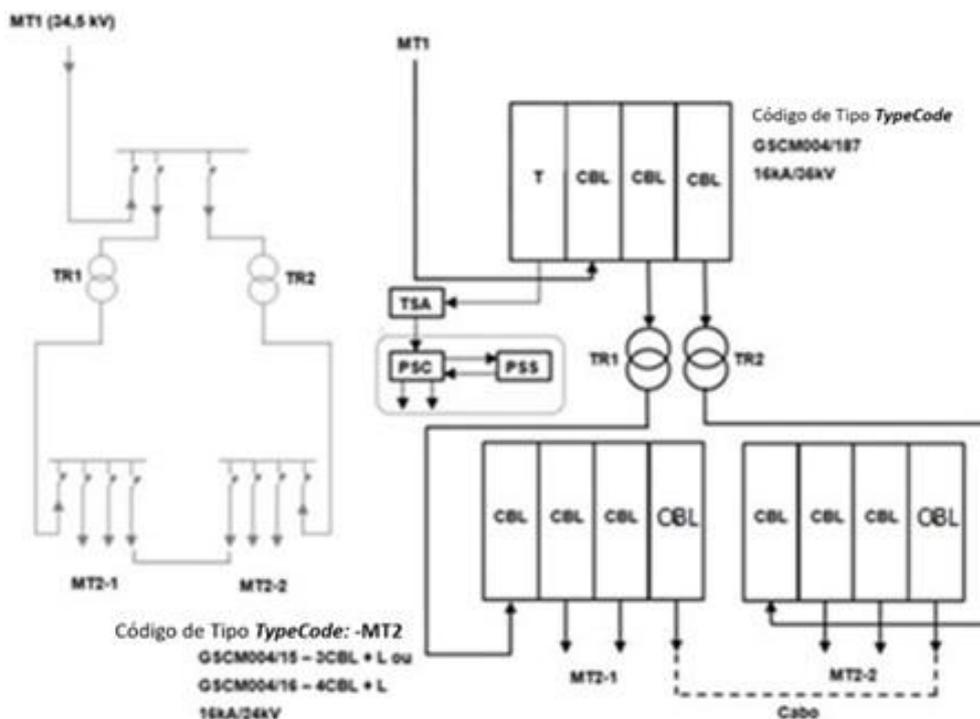


Figura 30 - Diagrama Subestação MT/MT - Tipo 2 (1 MT1 FINAL DE LINHA + 2T)

7.4. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

Neste capítulo são apresentados todos os componentes que podem ser instalados dentro da subestação. Os componentes serão descritos de acordo com a classificação das treze (13) seções mostradas na .

Devem ser utilizados exclusivamente os materiais e equipamentos padronizados nas especificações técnicas mais recentes e em vigor da Distribuidora, e deve suportar, durante sua vida útil, as condições ambientais e de serviço no local de instalação, exigindo o mínimo de manutenção possível.

A instalação dos materiais e equipamentos deve seguir, quando necessário, o critério de grau de corrosão estabelecido na WKI-OMBR-MAT-18-0248-EDBR.

7.4.1. ENTRADA E SAIDA DE LINHAS AT

As linhas de AT que entram na subestação podem ser subterrâneas ou aéreas.

7.4.1.1. SOLUÇÃO SUBTERRÂNEA

As linhas de alta tensão, provenientes da rede de alta tensão, chegam no subsolo na subestação, ficando disponíveis para conexão graças aos suportes para cabos de alta tensão. Um exemplo de uma linha subterrânea AT entrando na subestação é mostrado na Figura 31.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids



Figura 31 - Entrada da linha AT subterrânea

7.4.1.2. SOLUÇÃO AÉREA

A solução padrão para entrada de linha aérea deve ser realizada com pórticos, conforme Figura 32. Recomenda-se que a estrutura de linha a montante esteja a menos de 70 m de distância.



Figura 32 - Estruturas do pórtico

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

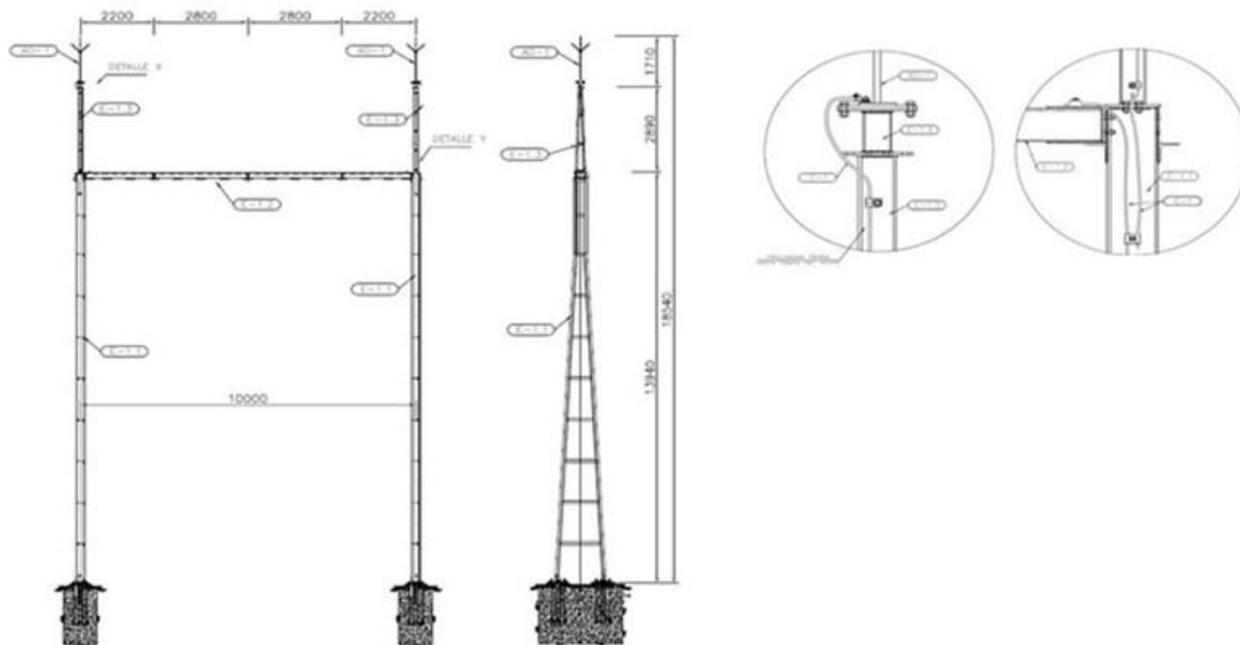


Figura 33 - Vista lateral e frontal da estrutura do pórtico AT

A estrutura de cada linha é composta por duas colunas, uma viga, isoladores horizontais, isoladores verticais, um jumper e um cabeçote suporte para ser instalado nas colunas e para suportar o fio terra aéreo.

Deve seguir a orientação da Especificação técnica MAT-OMBR-MAT-20-0895-EDBR - Estruturas Metálicas para Subestação.

7.4.2. MÓDULO GIS

O GIS de alta tensão é a solução preferencial para todas as instalações internas, ou seja, para aquelas instalações em que toda a subestação (seção AT, transformadores e seção MT) está contida em um único edifício e, além disso, em todos os casos em que o sistema elétrico necessário e tamanho do terreno disponível não permite a realização de uma seção AT com módulos híbridos.

Os equipamentos blindados com isolamento a gás - GIS, monofásicos ou trifásicos, serão compostos por um determinado número de baias dispostas adjacientemente uma ao lado da outra formando uma única fileira.

Em toda a situação deve permitir uma futura expansão por ambas as pontas.

Os equipamentos blindados a gás serão devidamente compartimentados para evitar que um arco interno em um dos compartimentos se estenda para os demais.

O mesmo critério será aplicado para uma eventual fuga de gás, que deverá afetar apenas o compartimento em questão e não os restantes.

A capacidade dos separadores entre compartimentos será tal que permita a substituição de uma posição ou elemento completo deixando fora de serviço, no máximo, as duas posições adjacentes.

Cada compartimento terá elementos de enchimento e esvaziamento e um sistema de supervisão de pressão de gás.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 16 - Recursos do Módulo GIS

Tensão nominal U_r (kV)		72,5	145	170
Tensão suportável de frequência de energia de curta duração nominal U_d (kV rms):	Fase-terra, através do dispositivo de comutação aberto e entre as fases	140	275	
	Através da distância de isolamento	160	315	
Tensão suportável de impulso de raio nominal U_p (kVp):	Fase-terra, através do dispositivo de comutação aberto e entre as fases	325	650	
	Através da distância de isolamento	375	750	
Frequência nominal f_r (Hz)		50-60		
Corrente normal nominal I_r (A)		2000		
Corrente nominal suportável de curta duração I_k (kA)		31,5	40	
Graus de proteção fornecidos por invólucros		IP54		
Tensão de alimentação nominal U_a (Vdc)		110-125-220		

Abaixo está uma visão geral dos diferentes compartimentos que o módulo GIS pode conter, para simplificar, foram listados compartimentos de barramento único, mas as mesmas soluções de compartimentos também estão disponíveis para barramento duplo.

7.4.2.1. MÓDULO GIS DO TRANSFORMADOR

- 1 (SB) ou 2 (DB) Vãos de barramento com carcaça monopolar ou tripolar.
- 1 (SB) ou 2 (DB) Seccionadores de Barramento com acionamento elétrico tripolar.
- 1 Chave de aterramento, com acionamento elétrico tripolar.
- 1 Disjuntor com atuação tripolar.
- 3 ou 4 transformadores de corrente toroidais por fase da relação apropriada, para medição, medição ou proteção.
- 1 Chave de aterramento, com palhetas totalmente isoladas do restante do invólucro, com acionamento elétrico tripolar com fechamento brusco.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

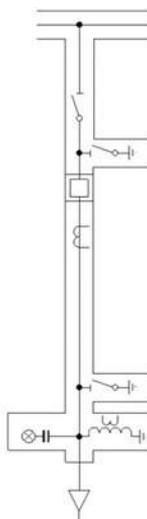
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- 3 Detectores de tensão monofásicos com indicadores luminosos de estado sólido.
- 3 Detector de tensão monofásica EVDS - Sistema eletrônico de detecção de tensão
- (divisores capacitivos incluídos)
- 1 Carcaça completa unipolar ou tripolar, parte fixa e parte plug-in para terminais de cabo, tipo seco, da seção correspondente de acordo com a norma GSCC006.
 - Opção 1: um cabo por fase (> 72,5 kV)
 - Opção 2: dois cabos por fase (72,5 kV).

**Figura 34** - Esquema do compartimento do transformador

Este módulo será complementado com:

- 1 transformador de tensão indutivo por fase, na proporção adequada, para medição ou proteção.

Sempre que corresponda a uma célula de ligação do secundário de um transformador AT/AT ou Pontos de Medição do Sistema Elétrico (doravante ESMP em geral) é necessário no referido transformador.

7.4.2.2. MÓDULO GIS DE LINHA

- 1 (SB) ou 2 (DB) Vãos de barramento com carcaça monopolar ou tripolar.
- 1 (SB) ou 2 (DB) Seccionadores de Barramento com acionamento elétrico tripolar.
- 1 Chave de aterramento, com acionamento elétrico tripolar.
- 1 Disjuntor com atuação monopolar ou tripolar.
- 3 ou 4 transformadores de corrente toroidais por fase, na proporção adequada, para medição, medição ou proteção.
- 1 Chave de aterramento, com palhetas totalmente isoladas do restante do invólucro com acionamento elétrico tripolar.
- 1 Seccionador de entrada com acionamento elétrico tripolar.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- 1 Chave de aterramento, com acionamento elétrico tripolar com fechamento brusco.
- 1 Transformador de tensão indutivo por fase, de relação adequada, para medição, medição ou proteção (não aplicável quando são necessárias comunicações de alta frequência).
- 3 Detectores de tensão monofásicos com indicadores luminosos de estado sólido.
- 1 Caixa unipolar ou tripolar completa (no caso de cabo subterrâneo), parte fixa e parte plug-in para terminais de cabo do tipo seco da seção correspondente de acordo com o padrão GSCC006.
 - Opção 1: um cabo por fase
 - Opção 2: dois cabos por fase
- 1 Condutores monofásicos ou trifásicos equipados com buchas tipo gas/ar para ligação à linha aérea.
- Se necessário, Ponto de Onda (Point Of Wave - POW) será solicitado para aplicações singulares.

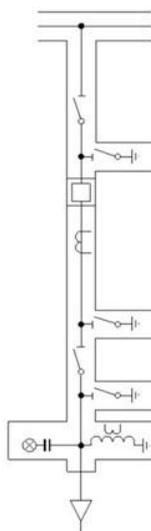


Figura 35 - Esquema de baias da Linha GIS

7.4.2.3. MÓDULO GIS DE ACOPLAMENTO

- 1 (SB) ou 2 (DB) Vãos de barramento com carcaça monopolar ou tripolar.
- 1 (SB) ou 2 (DB) Seccionadores de Barramento com acionamento elétrico tripolar.
- 1 Chave de aterramento, com palhetas totalmente isoladas do restante do invólucro com acionamento elétrico tripolar.
- 1 Chave de aterramento, atuação elétrica tripolar.
- 1 Disjuntor com atuação tripolar.
- 2 Transformadores de corrente toroidais por fase da relação apropriada, para medição ou proteção.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

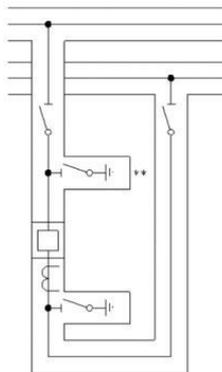


Figura 36 - Baia de acoplamento

7.4.2.4. MÓDULO GIS DE BARRAMENTO

Os barramentos coletores, monofásicos ou trifásicos invólucro metálico de fase, serão isolados a gás e serão equipados com os seguintes elementos:

- 1 Transformador de tensão conectado a uma única fase para cada conjunto de barramentos.
- 1 Chave de aterramento, com palhetas totalmente isoladas do restante da carcaça com acionamento elétrico tripolar com fechamento brusco em cada conjunto de barramentos.

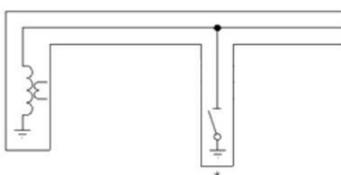


Figura 37 - Esquema do compartimento de barramento de medição

Para obter mais detalhes, consulte o Padrão Global GSCH006.

7.4.3. MÓDULOS HÍBRIDOS

O módulo híbrido pode ter três (3) configurações diferentes:

- Y1
- Y2
- Single Bay

O setor de AT deve utilizar módulos híbridos, conforme GSCH-002, para conexão das entradas de linha aos barramentos e transformadores. Devem ser observadas as peças que compõem o módulo híbrido de acordo com a conexão do equipamento.

7.4.3.1. MÓDULOS HÍBRIDO Y1

Os equipamentos contidos para cada fase estão listados abaixo:

- 1 disjuntores: para o compartimento do transformador (BAY3)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- 3 seccionadores combinados com chaves de aterramento (BAY1, BAY2 e BAY3)
- 1 transformador de corrente toroidal (BAY3)
- 3 buchas gás-ar para ligação entre o equipamento e o barramento de AT (BAY1, BAY2 e BAY3)

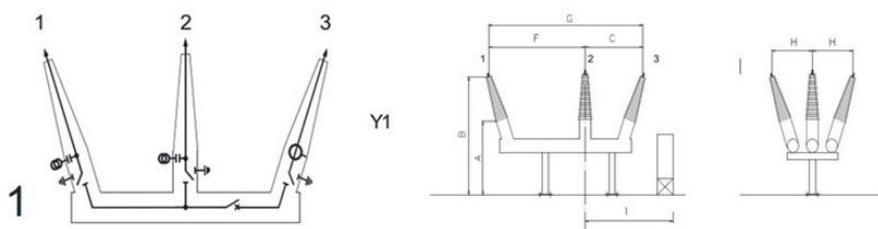


Figura 38 - Esquema elétrico, vista lateral e frontal do módulo Y1

7.4.3.2. MÓDULOS HÍBRIDO Y2

Os equipamentos contidos para cada fase estão listados abaixo:

- 2 disjuntores: um para o bay de linha (BAY1) e outro para o bay do transformador (BAY3)
- 3 seccionadores combinados com chaves de aterramento (BAY1, BAY2 e BAY3)
- 2 transformadores de corrente toroidais (BAY1 e BAY3)
- 1 detector de presença de tensão de linha (BAY2)
- 3 buchas gás-ar para ligação entre o equipamento e o barramento de AT (BAY1, BAY2 e BAY3).

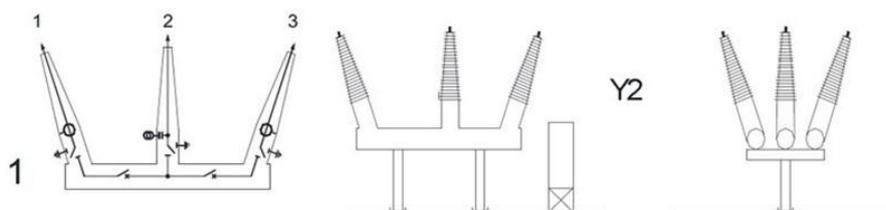


Figura 39 - Esquema elétrico, vista lateral e frontal do módulo Y2

7.4.3.3. MÓDULOS HÍBRIDO SINGLE BAY

Os equipamentos contidos para cada fase estão listados abaixo:

- 1 disjuntor (BAY1)
- 2 seccionadores combinados com chaves de aterramento (BAY1 e BAY2)
- 1 transformador de corrente toroidal (BAY1)
- 2 buchas gás-ar para ligação entre o equipamento e o barramento de AT (BAY1 e BAY2).

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

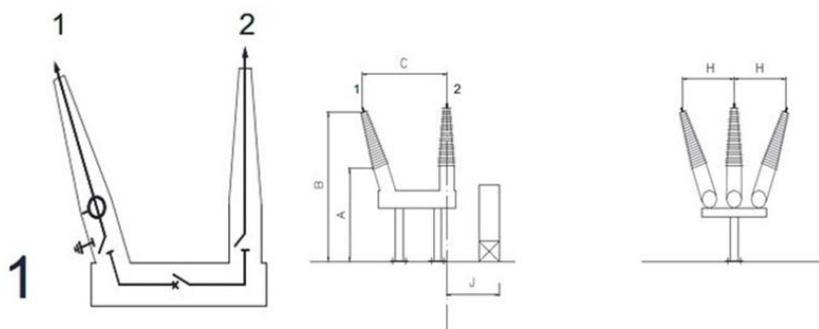


Figura 40 - Esquema elétrico, vista lateral e frontal do módulo de baía simples

7.4.4. TRANSFORMADORES

A Seção de Transformação AT/AT, AT/MT e MT/MT deve possuir transformadores com potências nominais definidas e especificados conforme a GST002.

Para elaboração do orçamento que atenda o menor dimensionamento técnico possível, podem ser utilizados transformadores com a potência indicada diferentes dos valores apresentados na Tabela 17, mas que estejam disponíveis no mercado. Na Tabela 18 são apresentados exemplos não limitantes de valores alternativos de potência dos transformadores, tal visão aplica-se à transformadores AT/AT, AT/MT e MT/MT.

Tabela 17 - Transformadores de Potência – AT/MT – Valores Padrão

Potência - ONAN/ONAF1/ONAF2 (MVA)
10 / 12.5 / 16
15 / 20 / 25
24 / 32 / 40
38 / 53 / 63



Figura 41 - Lado MT do transformador de potência

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Notas:

- 1) Os para-raios são instalados, onde previsto, próximo ao transformador em ambos os lados de AT e MT.
- 2) Em caso de ampliação da instalação deve sempre que possível utilizar transformadores com características semelhantes aos existentes, para minimizar os impactos de impedância e curto no sistema.

Para subestações MT/MT, são consideradas potências nominais padronizadas para o desenvolvimento de novos projetos:

- Sn = 3,75 MVA;
- Sn = 5 MVA;
- Sn = 10 MVA.

Tabela 18 - Transformadores de Potência – Valores alternativos

Potência - ONAN/ONAF1/ONAF2 (MVA)
1 / NA / NA
1,5 / NA / NA
2 / NA / NA
2,5 / NA / NA
3 / NA / NA
4 / NA / NA
3,7 / 5 / NA
5 / 6 / NA
5,2 / 7,5 / NA
7,5 / 10 / NA
9,3 / 12,5 / NA
12,5 / 15 / NA

7.4.5. NEUTRO MT

Independente do “gerenciamento do neutro” feito por cada empresa, cada transformador deve ter uma área específica para ligação do neutro ao terra, e esta área deve ser a mesma independente da solução escolhida (ou seja, resistor, bobina de Petersen).

Em geral, nas subestações o neutro pode ser:

- Isolado ou não intencionalmente ligado a terra;
- Diretamente ligado a terra, através de eletrodo com uma resistência insignificante sem a interposição de uma impedância;

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Conectado a terra por meio de um eletrodo de terra com uma resistência insignificante e com a interposição de uma impedância indutiva, uma impedância resistiva ou uma impedância indutiva-resistiva.

O neutro de MT pode ser gerenciado das duas maneiras a seguir:

- diretamente, usando a saída de neutro do transformador AT/MT;
- criando o MT neutro usando o TFN (Neutral Forming Transformer);

Considerando tanto o gerenciamento do neutro quanto a conexão do neutro, diferentes tipos de soluções são possíveis, e elas estão listadas na Tabela 19.

Tabela 19 - Soluções de sistema neutro

Gerenciamento neutro MT	Conexão neutra
Não gerenciado	Isolado
Gerenciado diretamente, usando a saída neutra do transformador AT/MT	Aterrado diretamente Aterrado com resistor
Criado, por meio do TFN	Aterrado com resistor Aterrado com bobina de Petersen

O tipo de aterramento do neutro em MT, combinado com as características da rede MT em termos de extensão e solução construtiva, determina a corrente de falha e as sobretensões internas.

Em geral, a ligação a terra do neutro em MT pela interposição de uma impedância indutiva-resistiva permite limitar as correntes em caso de falha monofásica fase a terra a 1 kA e as sobretensões internas.

Além disso, esta solução permite a detecção da linha com falha com uma proteção tipo watt-métrica.

Portanto, na concepção de novas subestações AT/MT, é necessário avaliar a possibilidade de aterrar o neutro da rede MT por meio de uma impedância com bobina sintonizável (bobina Petersen). A avaliação deve considerar os impactos na nova subestação e na rede existente.

A impedância deve ser conectada ao ponto estrela (neutro) do enrolamento secundário do transformador AT/MT ou a um ponto estrela artificial (por meio de um transformador de aterramento).

Quando o aterramento do neutro do lado de MT dos transformadores AT/MT for realizado por meio de uma impedância, esta deve ser implementada conforme o valor da corrente capacitiva da rede associada, conforme demonstrado na Tabela 20.

Tabela 20 - Tipos de conexões do Neutro de MT

Corrente Capacitiva (Ic)	Tipo de Impedância para Aterramento do Neutro
Até 60 A	Resistência



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

60 < I _c < 100 A (redes estáveis)	Impedância fixa
60 < I _c < 100 A (redes variáveis)	Impedância ajustável*
100 < I _c < 300 A	Impedância ajustável*
300 < I _c < 500 A	Impedância fixa + Impedância ajustável*
500 < I _c < 800 A	Impedância ajustável* nova (TFN)

* Impedância ajustável: Bobina de Petersen Ajustável, Resistências em Série ou Resistência em Paralela

Para novas subestações deve ser realizado estudo de viabilidade técnica e financeira para aplicação da Bobina de Petersen ou resistor de alta ou baixa impedância.

Para subestações MT/MT, a ligação à terra do neutro da MT2 deve ser realizada através de resistência (ou impedância) a fim de se reduzir a corrente de curto-circuito nos casos em que esta seja superior a 2,5 kA.

Mais detalhes sobre essas diferentes soluções são fornecidos nas seções a seguir.

7.4.5.1. NEUTRO DIRETAMENTE ATERRADO

Neste caso, o neutro do transformador AT/MT é conectado diretamente ao terra.

7.4.5.2. NEUTRO ATERRADO COM RESISTÊNCIA

Se possível, o resistor pode ser conectado diretamente à saída do neutro do transformador AT/MT, caso contrário, o TFN deve ser instalado para obter acesso ao neutro.

Os valores das correntes de falta limitadas pelo resistor de neutro estão compreendidos entre 300 e 1000 A, dependendo da especificação técnica, e com duração máxima de 10 segundos.

A ligação é feita de acordo com as seguintes indicações.

- **Resistor – Conexão do Transformador**

A conexão é feita por meio de um cabo subterrâneo 185/240 mm² Al, que chega até o ponto de conexão do resistor através de sua parte inferior.

A ligação entre o resistor e a malha de aterramento da subestação será feita com um cabo de 120 mm² que suporte a corrente de falta.

É necessariamente feito de 2 conexões independentes.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

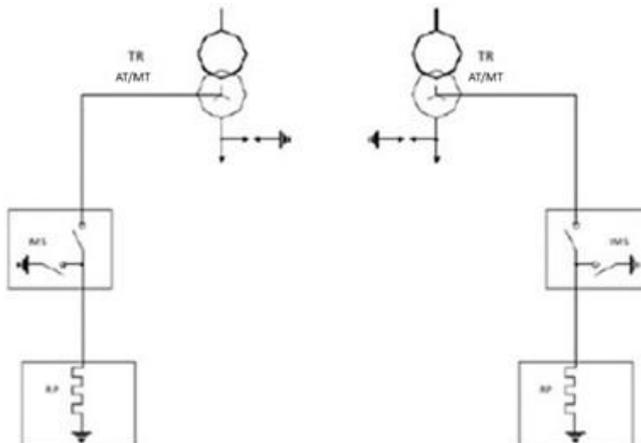


Figura 42 - Diagrama unifilar para conexão do resistor ao transformador AT/MT

- **Conexão do Resistor - Transformador AT/MT com TFN**

A conexão TFN é feita por meio de um cabo subterrâneo da saída do transformador. A saída TFN (neutro) é conectada ao resistor usando um cabo subterrâneo 185/240 mm² Al.

A ligação entre o resistor e a malha de aterramento da subestação será feita com um cabo de 120 mm² que suporte a corrente de falta.

É necessariamente feito de 2 conexões independentes.

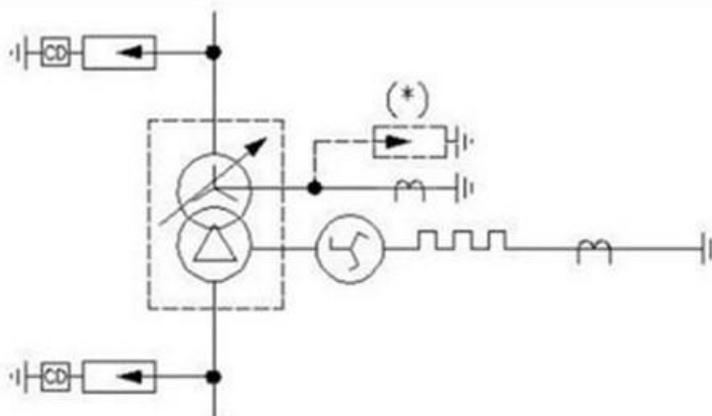


Figura 43 - Diagrama unifilar para conexão do resistor ao TFN

7.4.5.3. NEUTRO ATERRADO COM TFN E BOBINA DE PETERSEN

A bobina de Petersen deve ser conectada à rede através da conexão ao neutro artificial através do TFN.

A conexão TFN é feita por meio de um cabo subterrâneo 185/240 mm² Al do contêiner ou do prédio de Alvenaria.

A ligação entre a bobina de Petersen e a malha de aterramento da subestação será feita utilizando um condutor nu de 120 mm² que possa suportar a corrente de falta e ao mesmo tempo duas ligações de forma independente.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

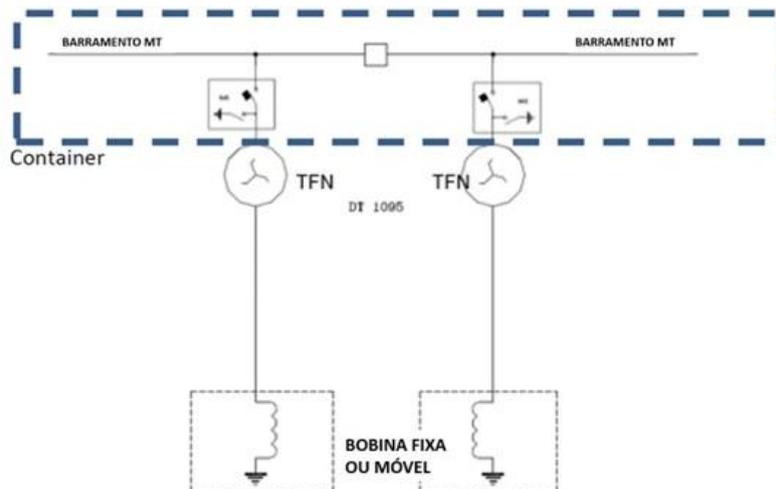


Figura 44 - Diagrama unifilar para neutro aterrado com TFN e bobina de Petersen

7.4.6. BARRAMENTO DE ALTA TENSÃO (AT)

O barramento AT deve ser adotado apenas no caso de módulo híbrido AT. No caso do módulo GIS, o barramento AT deve ser integrado dentro do próprio módulo.

A subestação pode ser do tipo padrão ou nodal dependendo do número de barramentos de alta tensão, um ou dois, e será de alumínio. A altura para instalação será de 7,50 m e a separação entre os centros dos equipamentos principais será, normalmente, de 14 m.

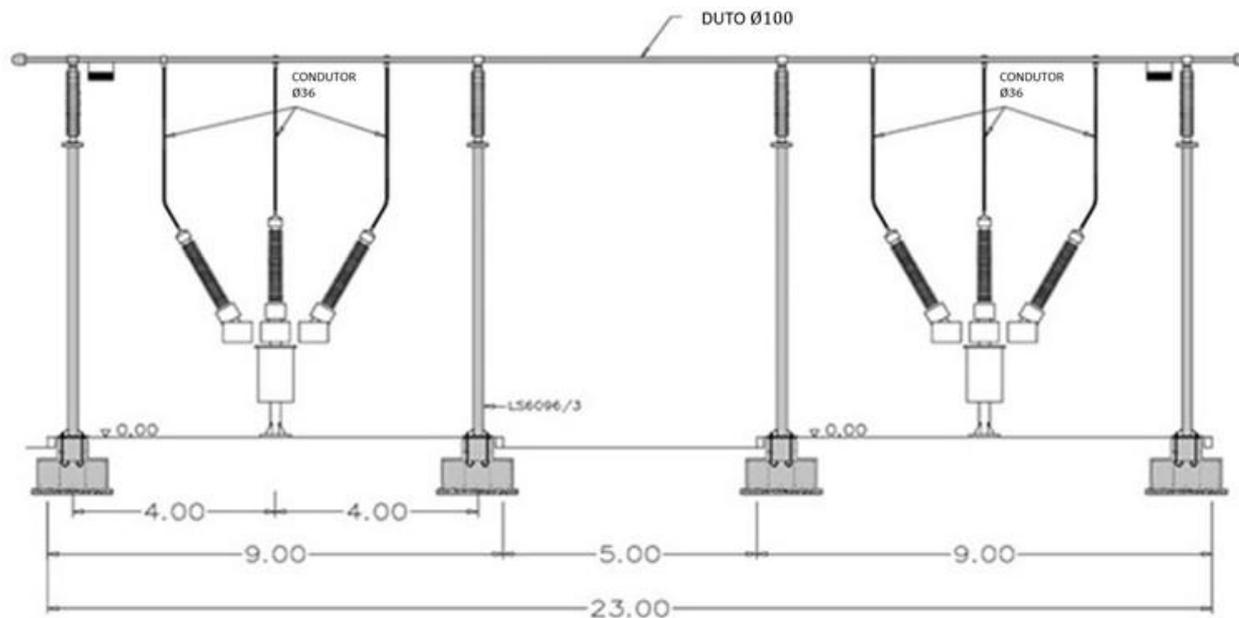


Figura 45 - Vista frontal do barramento principal de AT

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

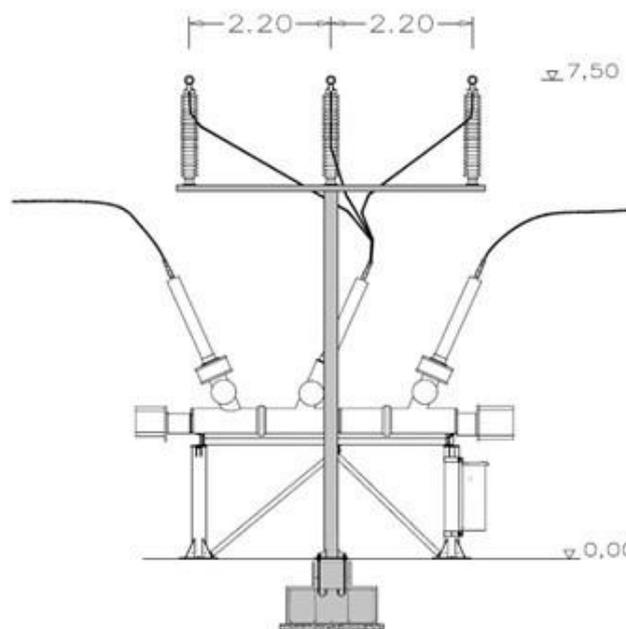
Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids



- Os isoladores serão poliméricos
- O barramento principal será feito em TUBO de alumínio:

A (mm)	B (mm)	Corrente
100	90	2.200A

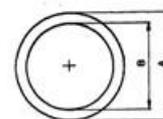


Figura 46 - Vista lateral esquerda e corte do barramento de alta tensão

É possível modificar a estrutura da barra lateral para permitir a retirada do equipamento híbrido em caso de falha.

7.4.7. BARRAMENTO DE MÉDIA TENSÃO

As seguintes soluções podem ser adotadas para o setor MT:

- GSCM690 MT Compact AIS - switchgear compacto isolado a ar montado em contêiner MT/BT (GSCM770) disponível em diferentes versões: GSCM770/1, GSCM770/2, GSCM770/3 ou GSCM770/4;
- GSCM690 MT Compact AIS - switchgear compacto isolado a ar montado em Alvenaria;
- GSCM011 MT GIS - switchgear isolada a gás montada em Alvenaria;
- GSCM009 MT AIS - switchgear isolada a ar montada em Alvenaria;

7.4.7.1. SEÇÃO MT PARA SUBESTAÇÃO PRIMARIA EM SOLUÇÃO DE CONTÊINER (GSCM-770)

Para as subestações cuja capacidade de corrente do barramento de MT seja até 2.000A e tensão máxima de 24kV dentro do horizonte de planejamento, a barra de MT deve ser projetada utilizando containers, onde estão incluídos os barramentos de MT, os equipamentos de disjunção e os de controle, Tabela 21.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 21 - Utilização de Containers

Tipo de Subestação	Qtd. de transformadores	Tipo de Barramento	Qtd. Container	Qtd. De Linhas de MT
Padrão	2	02 Barramentos Simples	1	11

Nota: Para os containers, uma das linhas de MT pode ser utilizada para fazer a conexão de Bancos de Capacitores

Existem quatro tipos diferentes de Contêineres GSCM770:

Tabela 22 - Códigos de tipo de contêiner

código	Descrição
GSCM770/1	Contêiner com barra simples MT Ir = 1600 A
GSCM770/2	Contêiner com seção dupla MT Ir = 1600 A
GSCM770/3	Contêiner com barra simples MT Ir = 2000 A
GSCM770/4	Contêiner com seção dupla MT Ir = 2000 A

**Figura 47** - Exemplo de container instalado no local

Dentro do container GSCM770 estão:

- Compartimentos MT de 24 kV;
- Estruturas e equipamentos de proteção e controle;
- Sistema de ar-condicionado e anti-condensação;
- Sistema de iluminação externa e interna;
- Painel de distribuição de energia auxiliar incluindo retificadores e baterias;


Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Abaixo é apresentada uma breve descrição das principais características elétricas; consulte a Especificação Global GSCM 770 para obter informações mais detalhadas.

- GSCM770/1_3:

Este tipo de contêiner deve ser usado como seção de meia MT da subestação primária. A montagem do quadro de MT deve ser constituída pela seguinte unidade funcional:

- nº 1 “unidade funcional do transformador”: GSCM697/2 (GSCM690/6) com Ir=1600A para GS CM770/1 ou GSCM697/1 (GSCM690/5) com Ir=2000A para GSCM770/3 (ver anexo B do GSCM690);
- nº 12 “Unidade funcional de linha”: GSCM696/1 (GSCM690/9). Se necessário, o GSCM696/1 deve ser substituído por “Unidade funcional do transformador de formação de neutro” GSCM730/1 (GSCM690/15) ou “Unidade funcional do banco de capacitores” GSCM699/1 (GSCM690/11);
- nº 1 “Unidade funcional de barramento” GSCM698/2 (GSCM690/2) com Ir=1600A para GSCM770/1 ou GSCM698/1 (GSCM690/1) com Ir=2000A para GSCM770/3;
- nº 1 “Unidade funcional de medição de barramento de tensão” GSCM731/1 (GSCM690/17);
- nº 1 “Unidade funcional de serviços auxiliares” GSCM700/1(GSCM690/13);
- nº 1 GSCM738/2 “Unidade funcional de conexão cruzada de barramento” (GSCM690/24) com Ir=1600A para GSCM770/1 ou GSCM738/1 (GSCM690/23) com Ir=2000A para GSCM770/3.

- GSCM770/2_4:

Este tipo de contêiner deve ser usado como uma seção de MT da subestação primária. A montagem do quadro de MT deve ser constituída pela seguinte unidade funcional:

- nº 2 “unidade funcional do transformador”: GSCM697/2 (GSCM690/6) com Ir=1600A para GSCM770/2 ou GSCM697/1 (GSCM690/5) com Ir=2000A para GSCM770/4 (ver anexo B do GSCM690);
- nº 11 “Unidade funcional de linha”: GSCM696/1 (GSCM690/9). Se necessário, o GSCM696/1 deve ser substituído por “Unidade funcional do transformador de formação de neutro” GSCM730/1 (GSCM690/15) ou “Unidade funcional do banco de capacitores” GSCM699/1 (GSCM690/11);
- nº 2 “Unidade funcional de barramento” GSCM698/2 (GSCM690/2) com Ir=1600A para GSCM770/2 ou GSCM698/1 (GSCM690/1) com Ir=2000A para GSCM770/4;
- nº 2 “Unidade funcional de medição de barramento de tensão” GSCM731/1 (GSCM690/17);
- nº 1 “Unidade funcional de serviços auxiliares” GSCM700/1(GSCM690/13);

- Características técnicas da instalação:

O contêiner é feito de uma estrutura metálica autoportante, com perfis, painéis isolados e blocos de canto. O piso do container possui aberturas, providas de fechos anti-animais adequados, para a saída dos cabos de MT e BT.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

O tamanho do contêiner na configuração de transporte é de aproximadamente 12,2 m de comprimento, 2,55 m de largura e 2,7 m de altura. Um caminhão articulado é usado para o transporte. O caminhão coloca o contêiner perto de sua fundação.

Por meio de elevadores, o contêiner é levantado, e o veículo articulado sai da estação mantendo uma trajetória reta para não bater nos elevadores.

Obviamente, um espaço reto mínimo de 16 m é necessário na frente das fundações para permitir a manobra do caminhão articulado. Em seguida, os estandes de 0,9 m de altura são colocados nos pontos preparados e então, manobrando os elevadores, o contêiner é abaixado.

Os suportes possuem uma placa na base para distribuir a carga de forma que não ultrapasse 10 N/cm². As placas devem ser fixadas na base, conforme descrito no manual de montagem. Para mais detalhes sobre a fundação, consulte GRI-GRI-OPI-E&C-0005 Obras Civis da Subestação AT/MT.

As portas laterais compridas se abrem e o espaço entre elas fecha com painéis especiais para criar um corredor de serviço em cada lado comprido do contêiner.

A tampa necessária deve ser montada no recipiente para protegê-lo da luz solar e do clima.

A base de concreto armado deve suportar o contêiner e permitir a colocação dos cabos de MT e BT para chegar ao equipamento. Quatro condutores de aterramento, dois para cada lado curto, também são necessários para conectar o contêiner ao aterramento.

7.4.7.2. PRÉDIOS EM ALVENARIA PARA SETOR MT E CONTROLE

Quando a execução semi-exterior estiver prevista, a seção de MT e os equipamentos de proteção e controle serão integrados num edifício.

O edifício é declinado em 3 soluções, dependendo do tamanho, para incluir a maioria das configurações da seção MT: Small, Standard e Standard +1.

O edifício é composto por 3 quartos:

- Sala de MT, na qual estão localizadas as células de média tensão às quais são conectados os cabos de MT provenientes dos transformadores de AT/MT;
- Sala de proteção e controle (Sala BT);
- Porão MT;

Para informações detalhadas, consulte GRI-GRI-OPI-E&C-0005HV/MV Subestação Obras Civis.

7.4.7.3. SWITCHGEAR DE MT MONTADOS EM ALVENARIA (GSCM-690)

Este é um switchgear isolado a ar MT compacto (AIS compacto) com chaves extraíveis com inserção de movimento vertical. As principais características elétricas são:

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 23 - Características elétricas do GSCM690

	Abreviação	Unidade	Valor
TENSÃO NOMINAL	Ur	kV	24
FREQUÊNCIA NOMINAL	f _r	Hz	50/60
BARRA MÁXIMA CLASSIFICADA CONTÍNUA ATUAL	I _r	A	2000
CORRENTE NOMINAL DE SUPORTE DE CURTO TEMPO	Ik	kA	16
DURAÇÃO NOMINAL DE CURTO-CIRCUITO	t _k	s	1
PERDA DE CATEGORIA DE CONTINUIDADE DE SERVIÇO	LSC		2A
TIPO DE CLASSIFICAÇÃO DO ARCO INTERNO - LADOS CLASSIFICADOS DE ACESSIBILIDADE	IAC		A FLR
IP GRAU			3X e 3XD dentro dos compartimentos BT
IK GRAU			07

Para obter informações detalhadas, consulte a Especificação Global GSCM690.

Tabela 24 - Área de aplicação GSCM690

TRANSFORMADOR Nº	Nº de Linhas (Incluindo TFN e bancos de condensadores)	CORRENTE NOMINAL (A)	GSCM770/ 1	GSCM770/ 2	GSCM770/ 3	GSCM770/ 4	PREDIO PEQUENO	PREDIO PADRÃO
1	≤12	1.600	1					
		2.000			1			
2	≤6+5	1.600		1				
		2.000				1		
	≤12+12	1.600	1+1					
		2.000			1+1			
up to 28	1.600					1*		
	2.000					1*		
3	≤6+5+11	1.600		1+1				
		2.000				1+1		
	> 6+5+11	1.600						1
		2.000						1

*Sala BT reduzida

Diagramas unifilares para instalação predial com dois transformadores:

Especificação Técnica no. 0007**cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR**

Versão no.05 data: 23/09/2025

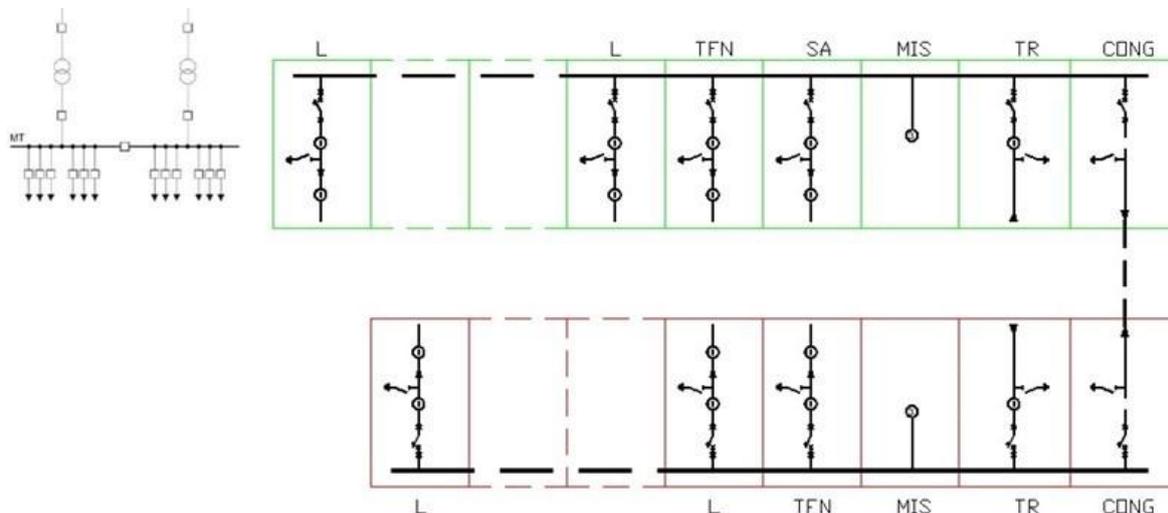
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

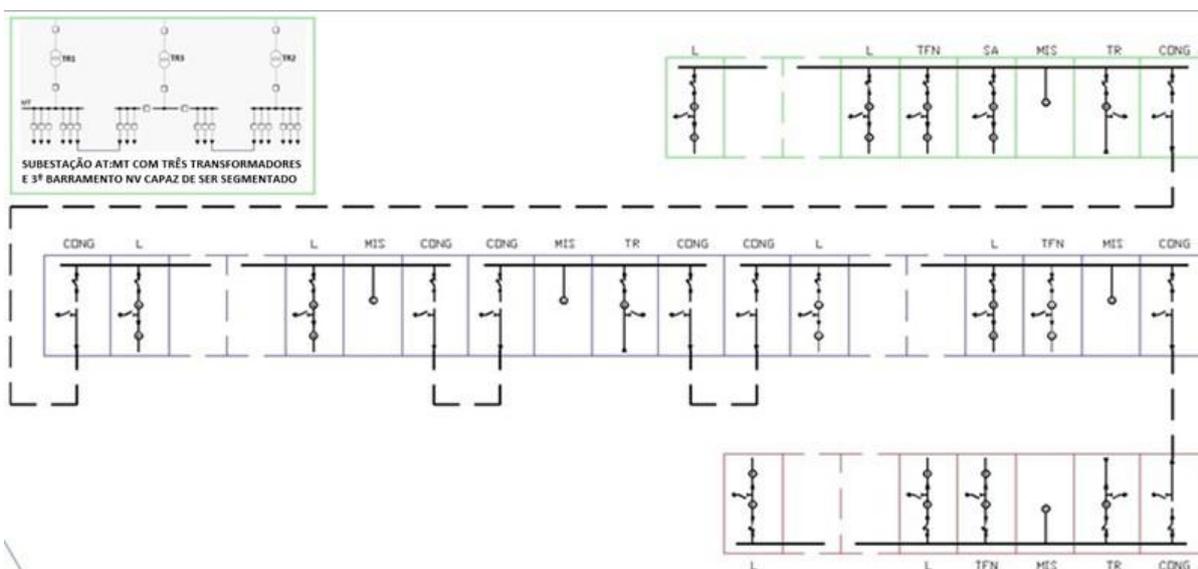
Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

**Figura 48** - GSCM690 na configuração de dois transformadores

No caso de uma planta de três transformadores onde o GSCM690 é escolhido, a seção MT será colocada em Alvenaria e o layout típico será o seguinte:

**Figura 49** - GSCM690 na configuração de três transformadores com barramento de 3º MT capaz de ser segmentado

Para subestações cuja capacidade de corrente do barramento de MT seja superior a 2000A e a tensão máxima até 24kV dentro do horizonte de planejamento, devem ser utilizados switchgear de MT de forma abrigada em alvenaria, conforme a GSCM-009 E GSCM-011, e Tabela 25.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 25 - Switchgears de MT

Descrição	Função
Switchgear Blindado, Corrente nominal: 1250A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Entrada de Circuito
Switchgear Blindado, Corrente nominal: 2000A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Entrada de Circuito
Switchgear Blindado, Corrente nominal: 3150A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Entrada de Circuito
Switchgear Blindado, Corrente nominal: 1250A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Interface
Switchgear Blindado, Corrente nominal: 2000A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Interface
Switchgear Blindado, Corrente nominal: 3150A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Interface
Switchgear Blindado, Corrente nominal: 630A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Saída de Circuito - Alimentador
Switchgear Blindado, Corrente nominal: 630A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Saída de Circuito - Banco de Capacitor
Switchgear Blindado, Medição	Medição
Switchgear Blindado para proteção dos Serviços Auxiliares	Proteção do Serviço Auxiliar

7.4.7.4. MT GIS – SWITCHGEAR ISOLADO A GÁS (GSCM-011)

Trata-se de um quadro de MT do tipo GIS, com interruptores de montagem fixa, para instalações em edifícios.

As principais características elétricas são as seguintes:

Tabela 26 - Características elétricas do GSCM011

Tensão Nominal U_r (kV)	24	36
Frequência nominal f_r (Hz)	50 e 60	
Tensão suportável de frequência de energia nominal U_d (kV)	50	70
Tensão suportável de impulso de raio nominal U_p (kV)	125	170
Corrente nominal suportável de curta duração I_k (kA)	25	25
Duração nominal do curto-circuito t_k (s)	1	1

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

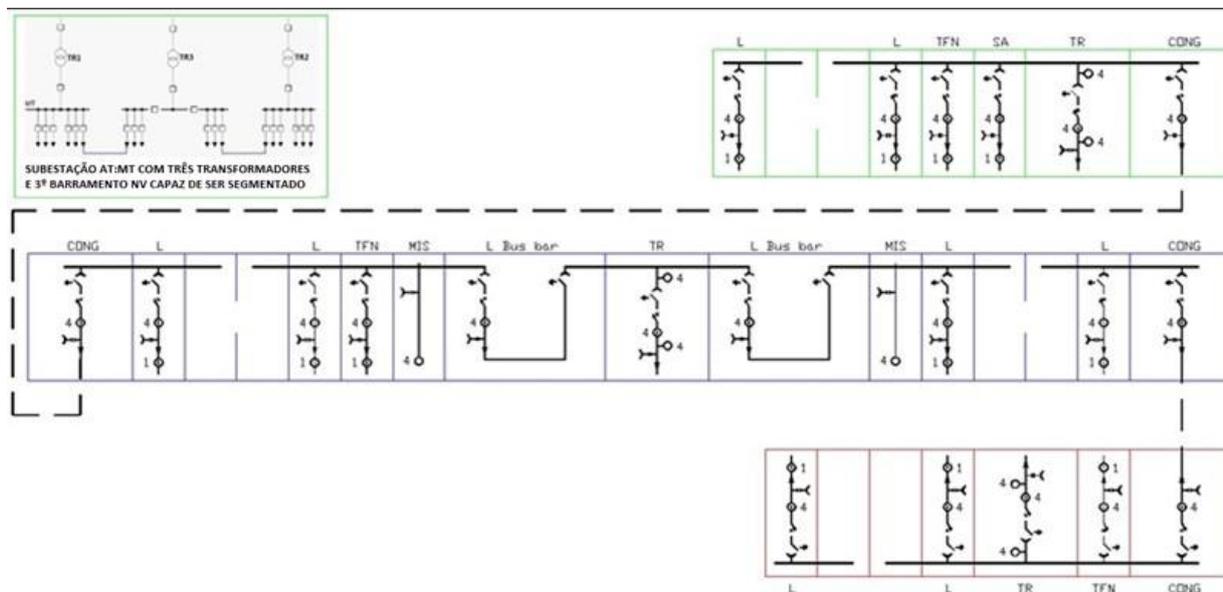
Para informações detalhadas, consulte o Padrão Global GSCM011.

Área de aplicação GSCM011:

Tabela 27 - Área de aplicação GSCM011

I/k		$\leq 25 \text{ kA}$		
TRANSFORMADOR Nº	TENSÃO NOMINAL (kV)	CORRENTE NOMINAL (A)	PRÉDIO PEQUENO	PRÉDIO PADRÃO
≤ 2	24.0	2.500	1	
		2.000	1	
		1.600	1	
	36.0	2.000	1	
		1.600	1	
		1.250	1	
3	24.0	2.500		1
		2.000		1
		1.600		1
	36.0	2.000		1
		1.600		1
		1.250		1

Diagramas unifilares para instalação predial:

**Figura 50** - GSCM011 na configuração de dois transformadores

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

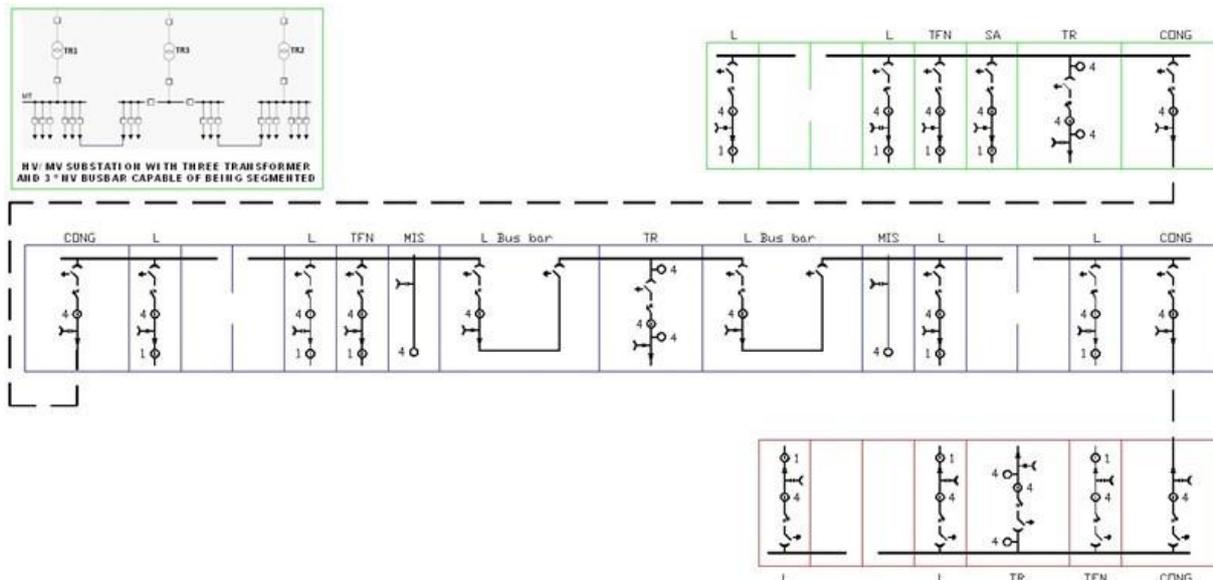


Figura 51 - GSCM011 na configuração de três transformadores com o barramento de 3ª MT passível de ser segmentado

7.4.7.5. MT AIS COM DISJUNTOR MT EXTRAÍVEL (GSCM-009)

Este é um switchgear de distribuição isolado a ar (AIS) de MT com interruptores extraíveis.

As principais características elétricas são:

Tabela 28 - GSCM009 Características Elétricas

Tensão nominal	Ur (kV)	17,5	24/36			
frequência nominal	f_r (Hz)	50 e 60				
Corrente contínua nominal máxima da barra de barramento	I_r (A)	3150	4000	1600	2000	2500
Corrente suportável nominal de curta duração	I_k (kA)	25				
Duração nominal do curto-circuito	t_k (s)	1				

Para cada MT CB, as seguintes classificações mínimas devem ser satisfeitas:

- Classe do disjuntor: S1;
- Classe de resistência mecânica: M2;
- Classe de resistência elétrica: E2;
- Probabilidade de novo ataque durante a classe de quebra de corrente capacitiva: C2

Para obter informações detalhadas, consulte o Padrão Global GSCM009.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

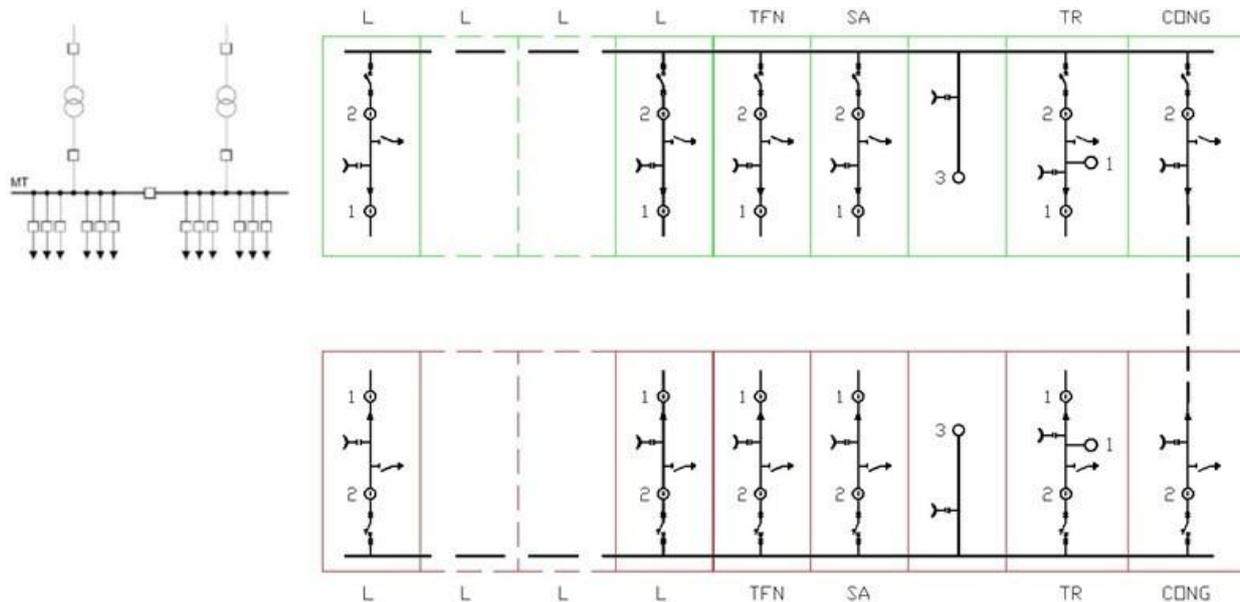
Área de aplicação GSCM009:

Tabela 29 - Área de aplicação GSCM009

/k		<= 25 kA			
TRANSFORMADOR Nº	TENSÃO NOMINAL (kV)	CORRENTE NOMINAL (A)	PREDIO PADRÃO	PREDIO PADRÃO +1	PRÉDIO EXTRA
≤2	17.5	4.000	1		
		3.150	1		
		2.500	1		
	24.0	2.000	1		
		1.600	1		
		2.500			1
	36.0	2.000			1
		1.600			1
3	17.5	4.000		1	
		3.150		1	
		2.500		1	
	24.0	2.000		1	
		1.600		1	
		2.500			1*
	36.0	2.000			1*
		1.600			1*

*Adição de Prédio Extra

Diagramas unifilares para instalação predial:

**Figura 52** - GSCM009 na configuração de dois transformadores



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

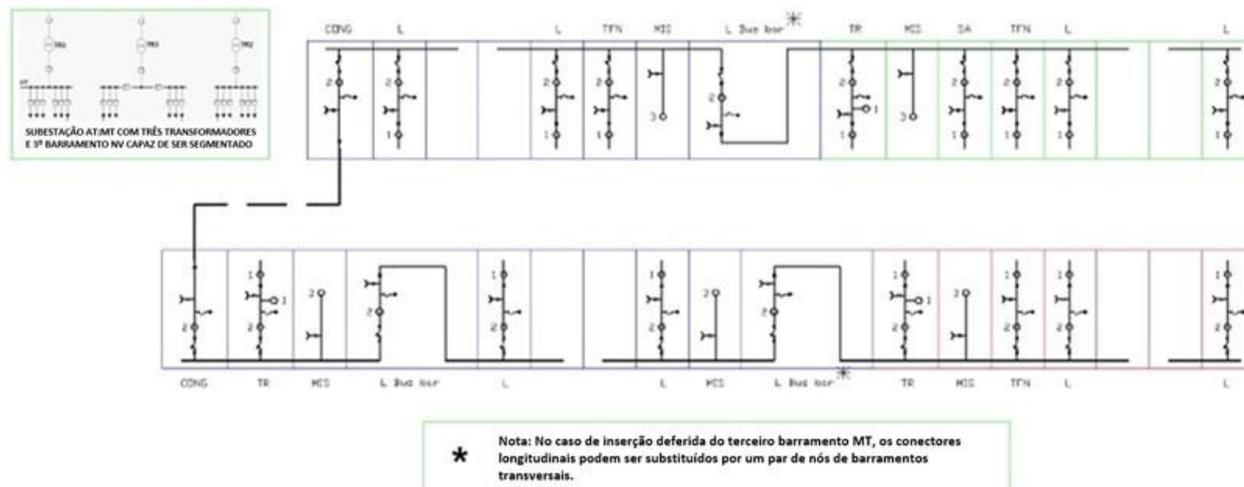


Figura 53 - GSCM009 na configuração de três transformadores

7.4.7.6. CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE SOLUÇÃO MT

Nas seguintes condições ambientais:

- Baixa umidade relativa ou ambiente com controle de temperatura e umidade dentro dos valores permitidos;
- Ambiente de baixa poluição;
- Distância da costa (mar ou lagos) > 3km;
- Altitude < 1000 m;

E requisitos elétricos iguais, a ordem de prioridade na escolha é a seguinte:

- 1º contêiner com AIS MT Compact (consulte GSCM770);
- 2º construção com AIS MT (consulte GSCM009);
- 3º construção com AIS MT Compact (consulte GSCM690);
- 4º construção com GIS MT (consulte GSCM011);

No caso de uma das seguintes condições ambientais o tipo de switchgear de MT a ser adotado é GIS MT (GSCM011):

- Umidade relativa alta ou ambiente sem controle de temperatura e umidade;
- Ambientes muito poluídos (normalmente grandes cidades e assentamentos industriais);
- Distância da costa (mar ou lagos) < 3Km;
- >1000 m em caso de limitação quanto às taxas de isolamento;

7.4.7.7. CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE SOLUÇÃO MT/MT

Para subestações MT/MT, as instalações MT1 e MT2 deve ser observada a especificação GSCM 004 "MV RMU", considerando a máxima corrente nominal de 630 A e tensão nominal até 36 kV, observando que estes limites não devem ser excedidos em hipótese alguma.

As instalações devem ser construídas de forma abrigada e que garanta a segurança e proteção adequadas contra agentes externos.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

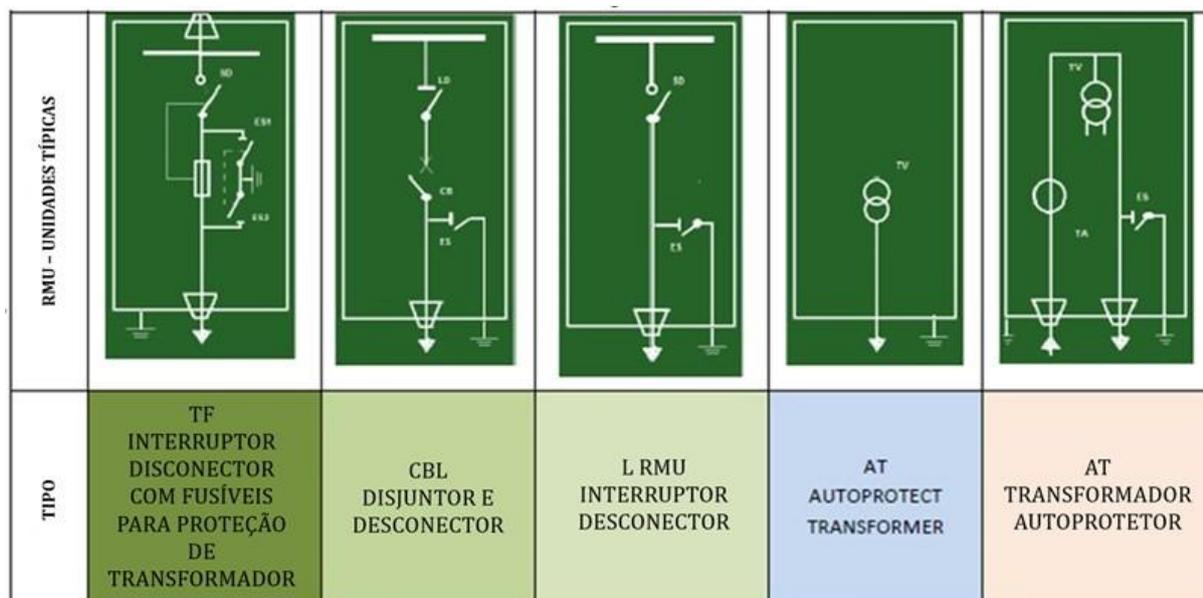
Função Apoio: -

Função Serviço: -

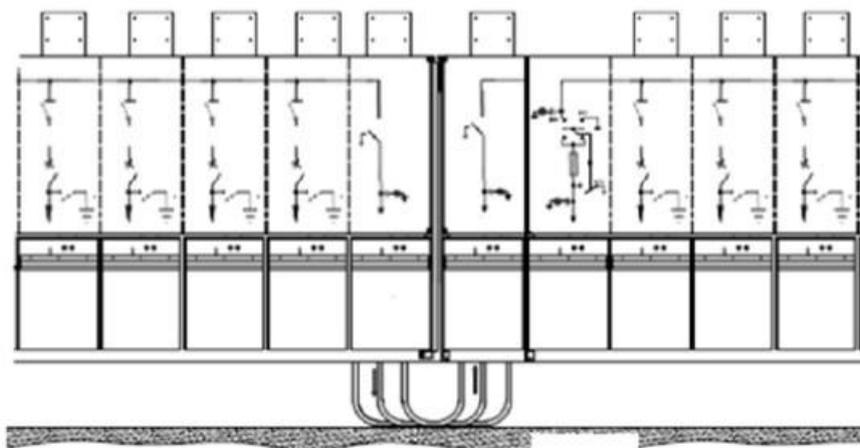
Linha de Negócio: Enel Grids

A especificação GSCM004 compreende um conjunto de módulos ou posições individuais. Entre os principais módulos que devem ser consideradas no desenvolvimento de uma subestação MT / MT, podemos citar:

- Disjuntor (CBL) nas entradas e saídas das linhas/circuitos da subestação MT / MT;
- Seccionadora de Potência (L) para o acoplamento de barras. O detalhe da conexão é indicado na especificação GSCM004. A Seccionadora ainda pode ser usada para transformador no caso em que se aplicar tal condição.
- Seccionadora com Fusíveis (T) para o Transformador de Serviço Auxiliar (TSA).
- Transformador Auto-Protegido (AT) para proteção de linha de transformador MT/BT.

**Figura 54** - Unidades funcionais – MT Switchgear GSCM004

O acoplamento entre (2) dois conjuntos modulares de média tensão MT2 deve ser realizado através de cabos conforme demonstrado na Figura .

**Figura 55** - Exemplo de interligação de módulos através de cabos

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Para a automação dos módulos cada unidade deve ser equipada com um transformador de instrumento de baixa potência (LPIT) de acordo com o padrão GSCT005 "Technical characteristics of the LPIT for RGDM/RGDAT".

7.4.8. CONEXÕES

O condutor a ser utilizado a partir da linha AT, para todas as conexões de AT na subestação, deve ser em cabo de alumínio devidamente dimensionado, conforme GSC003.

A preferência é por cabo, por questões de resistência a ações sísmicas, maior vida útil e maior capacidade, além de facilitar os trabalhos de manutenção. O modo de conexão entre o terminal e o condutor será de compressão.

Para a interligação entre o equipamento de alta tensão e qualquer conexão ao barramento principal de alta tensão, terminais de alumínio ou liga de alumínio ou outro material adequado devem ser usados para garantir a conexão adequada entre o cabo de cobre e o condutor de alumínio.

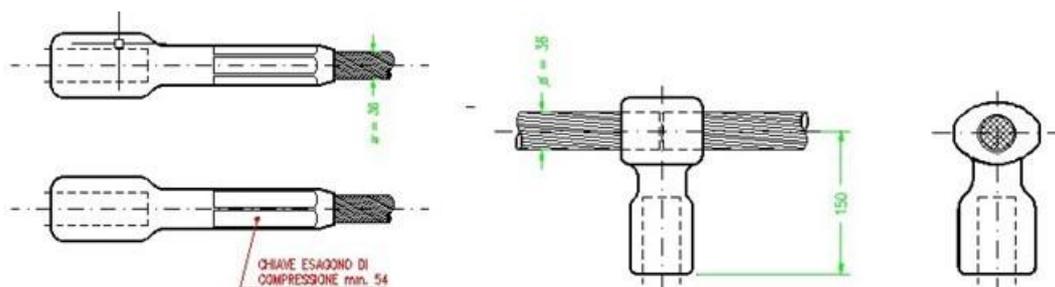


Figura 56 - Tipo de conexão

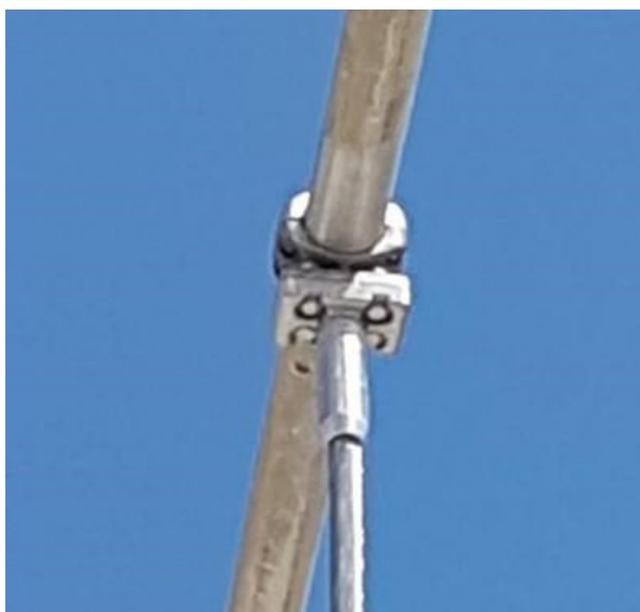


Figura 57 - Conexão de cabo Φ 36mm ao tubo Φ 100mm

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Para garantir o amortecimento de eventuais vibrações que possam ocorrer no sistema de barramento de 100 mm, recomenda-se a utilização de um pedaço de cabo de liga de alumínio Φ 10.7 com peças de fixação adequadas nas extremidades.

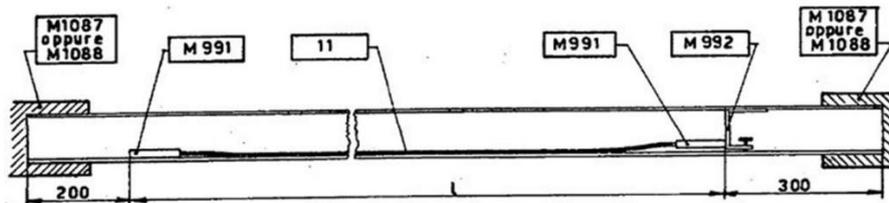


Figura 58 – Pontos de aterramento

Pontos de aterramento fixos de seção transversal adequada devem ser instalados nas extremidades dos tubos de 100mm



Figura 59 - Barril de aterramento

7.4.9. MEDIDORES

Nas entradas de linhas AT, nos alimentadores de MT e do lado do secundário do transformador de potência devem ser instalados medidores para realizar medições operacionais. Ver medidores padronizados na Tabela 30.

Tabela 30 - Medidores

Função	Descrição
Medição de Entrada de Linha	Medidor Eletrônico com Qualidade de Energia 60-400V, 1-5A, Classe 0,2s, 60Hz, Uso em Medição de Entrada de Linha
Medição de Transformador	Medidor Eletrônico com Qualidade de Energia 85-240V, 1-5A, Classe 0,2s, 60Hz, Uso em Medição de Transformador
Medição de Alimentador	Medidor Eletrônico com Qualidade de Energia, 5A, Classe 0,5, 60Hz, Uso em Medição de Alimentador
Medidor de Serviço Auxiliar	Medidor Eletrônico, 60-400V, 1-5A, Classe 0,5, 60Hz, Uso em Medição de Serviço Auxiliar de SED

No secundário dos transformadores de serviço auxiliar devem ser instalados medidores e também deve ser realizado o envio das medições para a área de balanço e controle.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.4.10. TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS

Os transformadores de potencial AT são utilizados apenas no caso de adoção de módulo híbrido, pois no caso de módulo GIS ele já vem incorporado. Será do tipo indutivo monofásico, com enrolamento primário ligado diretamente à terra e dois ou três enrolamentos secundários separados de acordo com as necessidades de medição e proteção. No caso de necessidade de comunicação, será utilizado um transformador capacitivo de tensão de linha.

Os transformadores de potencial MT já estão incorporados ao conjunto de switchgear.

Os transformadores de corrente AT estão incorporados no módulo híbrido e no módulo GIS.

Os transformadores de corrente MT já estão incorporados ao conjunto de switchgear.

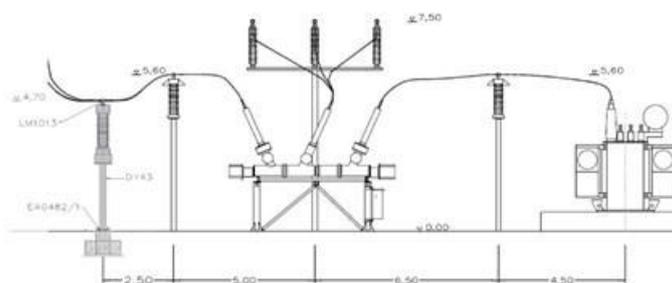


Figura 60 - Localização do transformador de potencial na seção AT (em cinza) no caso de módulo híbrido

Os transformadores de instrumentos, conforme MAT-OMBR-MAT-20-0945-EDBR, devem seguir a Tabela 31.

Tabela 31 - Transformadores de Instrumento

Item	Descrição
1	Transformador de potencial, 34,5 kV, uso externo, relação $34,5/\sqrt{3} - 115 - 115/\sqrt{3}$, 2 enrolamentos, classe de exatidão 0,5, carga de 30VA.
2	Transformador de potencial, 72,5 kV, uso externo
3	Transformador de potencial, 145 kV, uso externo
4	Transformador de corrente, 34,5 kV, uso externo, relação $600/400 \times 300/200 - 5-5A$, 2 enrolamentos, classe de exatidão 0,5 e 5P20 - 30VA
5	Transformador de corrente, 34,5 kV, uso externo, relação $1200/800 \times 600/400 - 5-5A$, 2 enrolamentos, classe de exatidão 0,5 e 5P20 - 30VA

Nota: Caso os TC/TP sejam utilizados para atendimento de um acessante, podem ser considerados relações diferentes e a classe de exatidão para medição a ser considerada é de 0,2.

Todos os circuitos secundários dos transformadores de medição de tensão e corrente devem ser conectados diretamente ao terra e em um ponto o mais próximo possível dos terminais do transformador.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

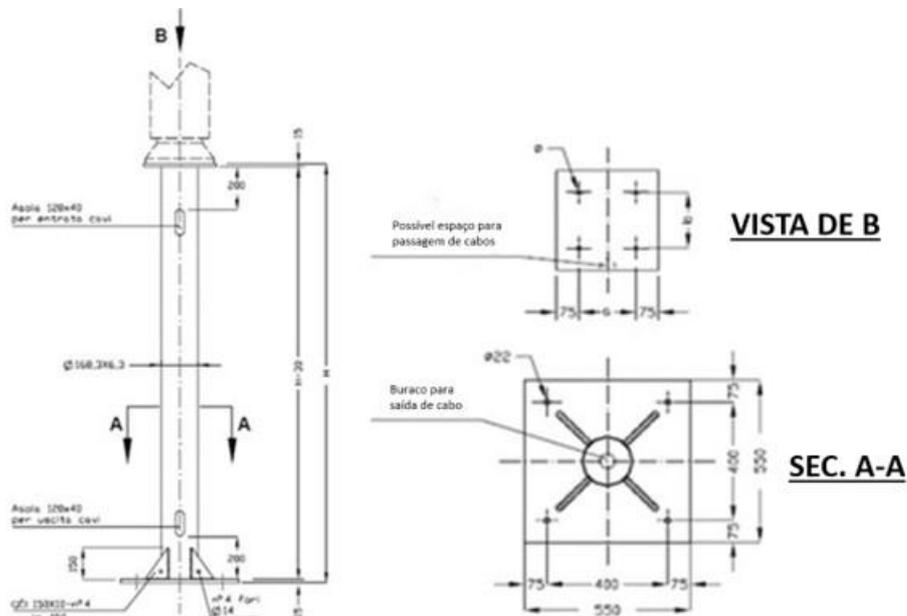


Figura 61 - Suporte de equipamento monopolar

7.4.11. PARA-RAIOS

Para limitar a sobretensão e seus efeitos, serão instalados para-raios na entrada das linhas de alta tensão e no lado de alta dos transformadores de potência para proteger os componentes (híbridos ou GIS) e os transformadores de potência.

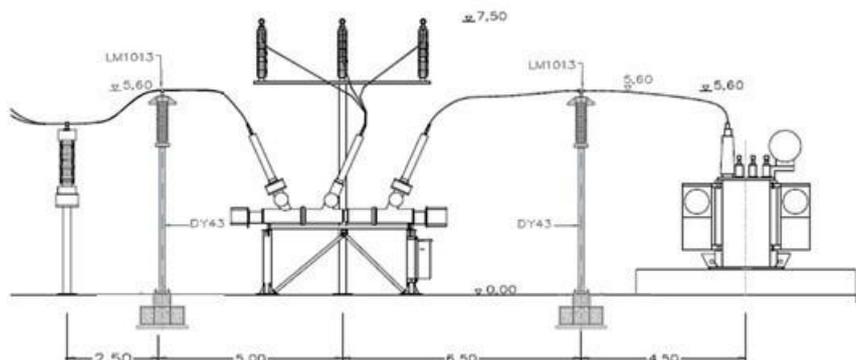


Figura 62 - Localização dos para-raios (em cinza) em combinação com o módulo híbrido

As características do para-raios estarão de acordo com a norma GSCH005.

Os para-raios são constituídos principalmente por:

- Resistência não linear ligada em série;
- Um contador de descarga (opcional).

A ligação à terra é feita conforme descrito na Figura 63, os quatro (4) pontos de aterramento devem ser fornecidos na base de cada suporte vertical, equipados com parafusos de aço inoxidável.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

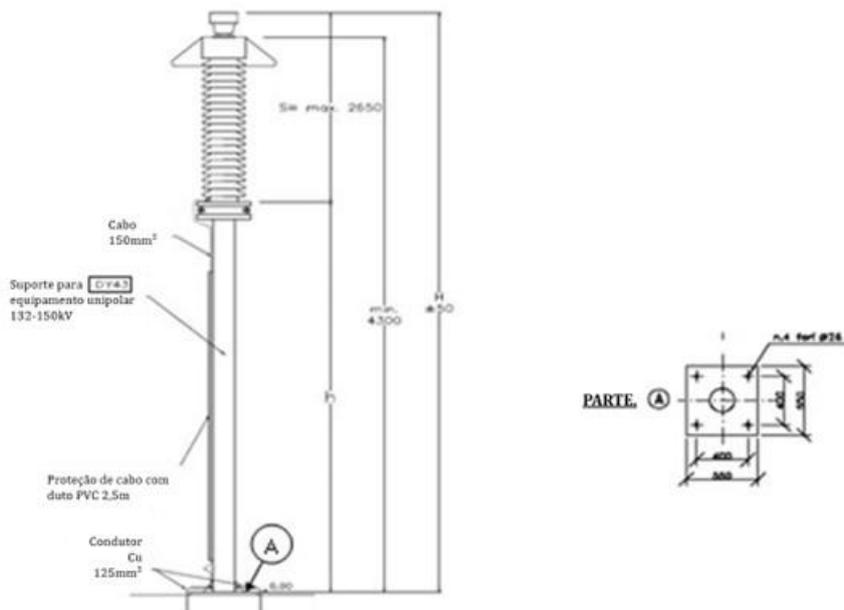
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

**Figura 63** - Para-raios 132-150 kV

Caso sejam projetadas saídas de alimentadores em 13,8/11,95 kV aéreas devem conforme a GSCC016 na primeira estrutura de saída dos alimentadores.

Deve ser prevista também a instalação de para-raios em ambos os lados do transformador MT / MT.

7.4.12. BANCO DE CAPACITORES

Se necessário, a compensação de potência reativa na rede de AT ou de MT deve ser realizada através de bancos de capacitores. Os bancos de capacitores padronizados, conforme MAT-OMBR-MAT-20-0408-EDBR e E-SE-009.

A compensação de energia reativa nas barras de MT das subestações, deve se realizar mediante bancos de capacitores de potência e tensão apropriadas para o nível de tensão da barra MT e a potência do transformador correspondente.

Cada banco de capacitores será conectado a um disjuntor de 630A dentro do container através de um cabo subterrâneo de 185/240 mm² de Alumínio.

7.4.13. CONDUTORES NUS FLEXÍVEIS E RÍGIDOS

A escolha do condutor depende da capacidade de corrente da entrada/saída de linha e da classe de corrosão do local onde a subestação será construída.

7.4.13.1. CONDUTORES AT

Os barramentos de AT devem ser projetados com tubos de alumínio conforme indicado nas especificações.

Todas as conexões com o módulo híbrido, entradas e saídas de linhas AT devem ser realizadas com condutores de Alumínio com Alma de Aço (CAA), ou condutores de Liga de Alumínio (CAL).

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Nas normas GSC-003 e GSCH-007 são apresentadas as características dos condutores rígidos e flexíveis que devem ser aplicados nas subestações com estrutura aérea.

7.4.13.2. CONDUTORES MT

As subestações projetadas com a utilização de containers ou casa de comando em alvenaria devem utilizar cabos de alumínio isolado para interligação dos secundários dos transformadores de potência aos switchgear de Média Tensão 34.5kV ou 15kV. O condutor a ser utilizado deve ser conforme definido na GSC-001.

Para a saída dos alimentadores deve ser utilizado cabo isolado de alumínio de 400mm², conforme GSC-001.

7.4.14. CONEXÃO MT

A ligação entre o transformador e o contentor de MT deve ser feita através de cabos subterrâneos de 630 mm² Cu. A conexão ao lado de média tensão do transformador será através de terminais “plug-in”.



Figura 64 - Terminais “Plug in”

A título de exemplo, até correntes de 2000A, para cada fase, serão utilizados dois cabos monopolares, que serão conectados em dois dos quatro conectores disponíveis em cada fase de MT do transformador.

A entrada do cabo no contêiner do transformador será em ambos os lados longos (uma canalização lateral por transformador).

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids



Figura 65 - Cabo MT para o contêiner

7.4.15. SERVIÇOS AUXILIARES, PROTEÇÃO, CONTROLE E COMUNICAÇÃO

A composição e disposição dos dispositivos de Serviços Auxiliares, Proteção-Controle e Comunicações dentro do edifício ou contêiner são uma função do layout da cabine e dos dispositivos que a compõem. Como exemplo, é apresentada uma configuração genérica de dispositivos de Serviços Auxiliares, Proteção

Controle e Comunicações para a configuração de barramento duplo MT em um container:

- Gabinete de bateria T1
- T2 AT linhas 1
- T3 AT linhas 2
- Transformador T4 AT/MT
- Transformador T5 AT/MT
- T6 RTU de acordo com o padrão local
- T7 TLC Equipamento/Telecomunicações
- T8 PSC - Conjunto de chaveamento e controle (lado CA)
- T9 PSC - Conjunto de chaveamento de potência e conjunto de controle (lado DC)
- Retificadores T10 (PSS – Estação de Alimentação)

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

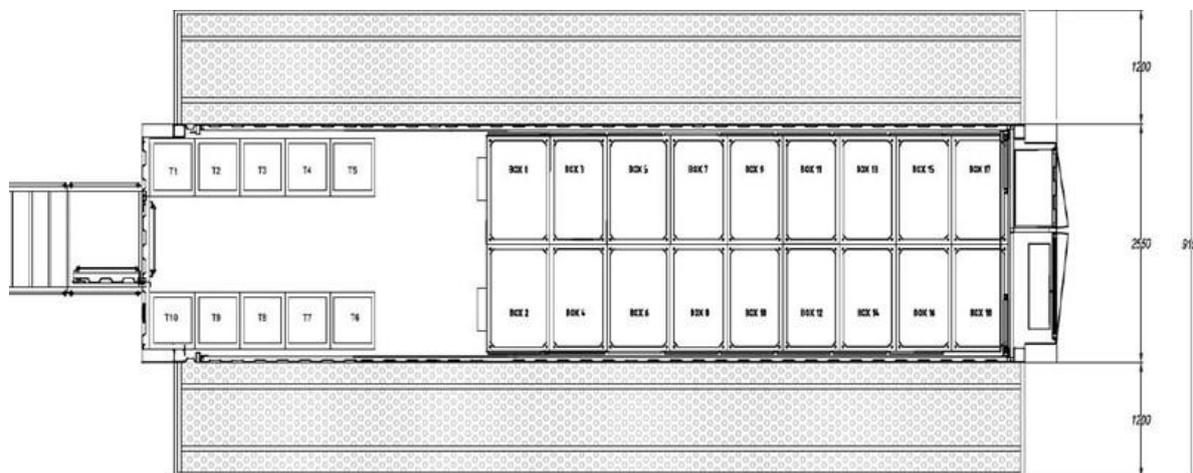


Figura 66 - Localização física dos dispositivos no container

Para a configuração semi-exterior, a disposição no interior do edifício e o número de equipamentos será função do diagrama de sistema adotado.

7.4.16. TRANSFORMADORES DE SERVIÇOS AUXILIARES - TSA

O transformador de serviços auxiliares de acordo com a especificação técnica GST001. O transformador será instalado fora do container ou em alvenaria.

7.4.17. BATERIAS

Os sistemas auxiliares de CC das subestações devem dispor de um banco de bateria 125 Vcc (+10% -20%), conforme MAT-PMCB-EeA-18-0107-EDBR (PM-Br 199.23.4).

7.4.18. RETIFICADOR

Os sistemas auxiliares de CC das subestações devem dispor de um carregador retificador, conforme GSTZ-101, GSTZ-102, GSTZ-111 e GSTZ-112.

7.4.19. QUADRO DE SERVIÇO AUXILIAR CA E CC

Todas as subestações devem contemplar a instalação de um quadro de serviço auxiliar em corrente alternada (CA). As subestações AT/AT e a subestação AT/MT do tipo Especial devem contemplar um quadro de serviço auxiliar em corrente contínua (CC). Os quadros devem ser conforme GSCL-001, GSCL-002, GSCL-003, GSTZ-101, GSTZ-102, GSTZ-111 e GSTZ-112.

7.4.20. POWER SUPPLY STATION (PSS) E POWER SWITCHGEAR AND CONTROL GEAR ASSEMBLY (PSC)

7.4.20.1. ESTAÇÃO DE ALIMENTAÇÃO (PSS)

A Estação de Alimentação fornece os serviços auxiliares em 24 VCC de acordo com o padrão global GSTZ101. A Estação de Alimentação inclui conversores AC / DC com saída 24 VCC e todos os elementos necessários para a operação. As baterias VRLA de 24V - 150Ah não estão incluídas na Norma GSTZ101 Global e devem ser solicitadas a parte de acordo com o padrão ou necessidade local.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

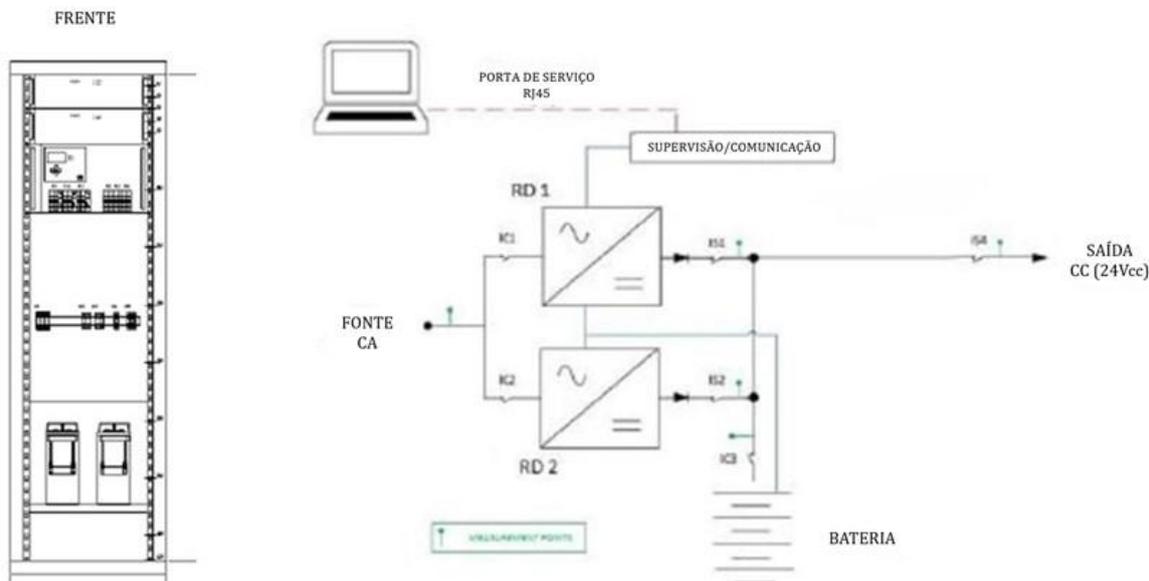


Figura 67 - Diagrama funcional e gabinete – Estação de alimentação (PSS)

7.4.20.2. SERVIÇOS AUXILIARES (PSC)

As instalações elétricas auxiliares serão tanto AC e DC.

A alimentação dos serviços auxiliares de corrente alternada pode ser fornecida pela própria instalação em si através de transformador de serviço auxiliar ou por uma fonte de alimentação externa, oriunda de outro circuito externo à subestação MT/MT.

No caso em que a fonte de alimentação auxiliar se dê através de uma linha de alimentação de backup fora da instalação, deve ser prevista a instalação de um disjuntor termomagnético para a proteção deste circuito.

Se for obrigatório por regulamentação local, é possível instalar uma segunda fonte de alimentação que necessitará de um interruptor automático localizado no gabinete de serviços auxiliares fora do contêiner para gerenciar as duas fontes de alimentação.

O esquema de funcionamento das 2 fontes de alimentação alternadas será conforme a Figura 68:

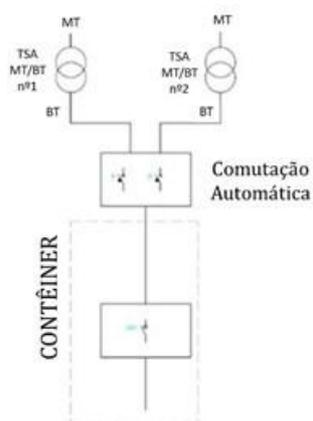


Figura 68 - Esquema de alimentação dos Serviços Auxiliares

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

A 2ª fonte de alimentação pode ser um 2º transformador dentro da subestação ou fonte de alimentação através de uma linha de BT externa à subestação. Deve ser considerada uma comutação ou comutação automática entre a fonte 1 e a fonte 2 que será realizada fora do contêiner ou edifício.

Os serviços auxiliares devem ser utilizados apenas para atender os propósitos de automação e controle da Subestação MT / MT.

O padrão de referência para o transformador auxiliar deve estar de acordo com a norma "GST001 MV/LV Transformers". As condições operacionais deste estão indicadas no capítulo 6.1 do documento citado.

Para o dimensionamento do transformador auxiliar deve ser considerado:

- O consumo interno do sistema de proteção e controle;
- O consumo do sistema de telecomunicação;
- O sistema de iluminação da sala elétrica onde será instalado o equipamento;
- A demanda de energia para os computadores, sinalização e demais componentes conectados.

Para os transformadores de serviço auxiliar pode ser considerado a potência de 30 kVA ou 75 kVA.

A potência dos equipamentos de proteção e controle de AC e 24 VCC dos serviços auxiliares devem estar de acordo com o padrão da GSTZ102 (Power Switchgear and Controlgear assembly (PSC) e munidos de disjuntores de proteção e acessórios para proteção dos respectivos sistemas AC e DC. Entre os acessórios a serem considerados observa-se:

- Dispositivos de alimentação do sistema de proteção e controle;
- Equipamento RTU, router/switch e TLC;
- Iluminação do gabinete;
- Tomadas;
- Sistema de ventilação;
- Outros serviços.

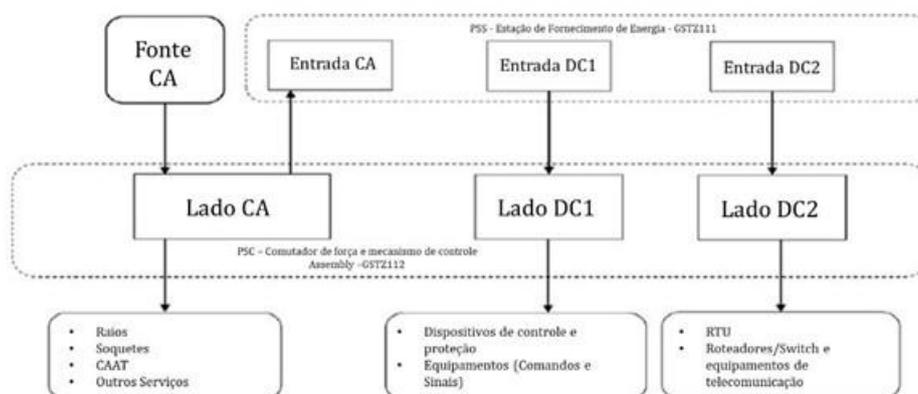


Figura 69 - Diagrama funcional da Estação de alimentação (PSS) e dos Serviços Auxiliares (PSC)

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

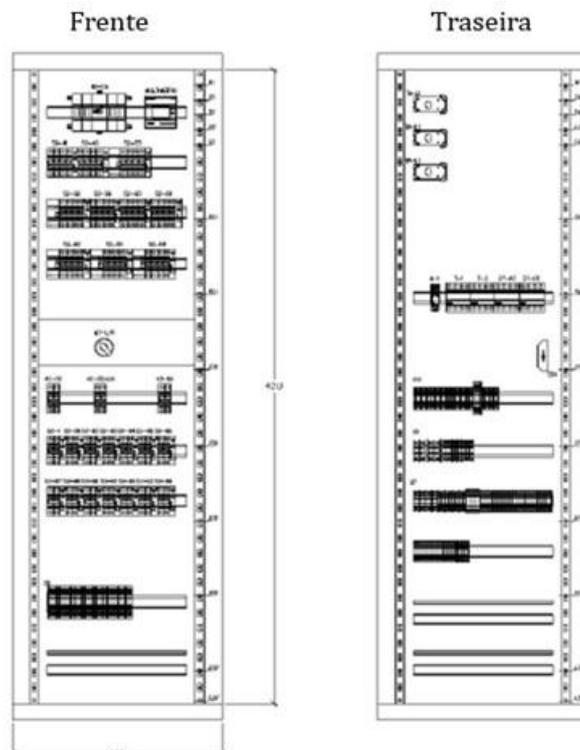
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

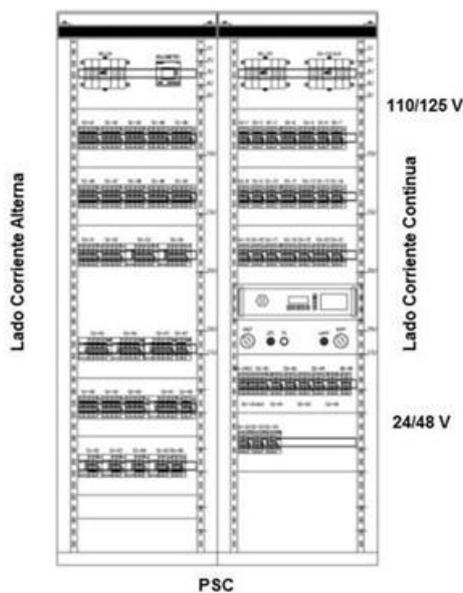
Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

**Figura 70** - Gabinete de montagem do PSC – Norma GSTZ102

A alimentação CA será conectada à central elétrica PSC, Padrão Global GSTZ112 correspondente aos racks T8 e T9.

**Figura 71** - PSC

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Em relação à corrente contínua, a estação de fornecimento de energia (PSS) deve ser considerada com a especificação do Padrão Global GSTZ111. Será composto por:

- Corrente contínua com nível 1 (DC 1) de 125/110 V DC principalmente para:
 - Dispositivos de proteção e controle;
 - Equipamento (Comando e sinalização);
 - UTR;
- Corrente contínua com nível 2 (DC 2) de: 24/48 V DC principalmente para:
 - Roteador / Switch e equipamento TLC;
- 2 retificadores AC/DC 1 cada um trabalhando a 50%. Isso permite garantir que em caso de falha de um deles o outro assumirá 100% da carga garantindo a condição N-1;
- 1 regulador de tensão DC 1 / DC 1 permite manter a estabilidade da tensão fornecida;
- 2 conversores DC 1 / DC 2 para garantir a entrega de corrente contínua DC 2;
- 1 Nível de bateria DC 1 - Rack T1: As baterias serão do tipo Chumbo VRLA com capacidade de 150 Ah;

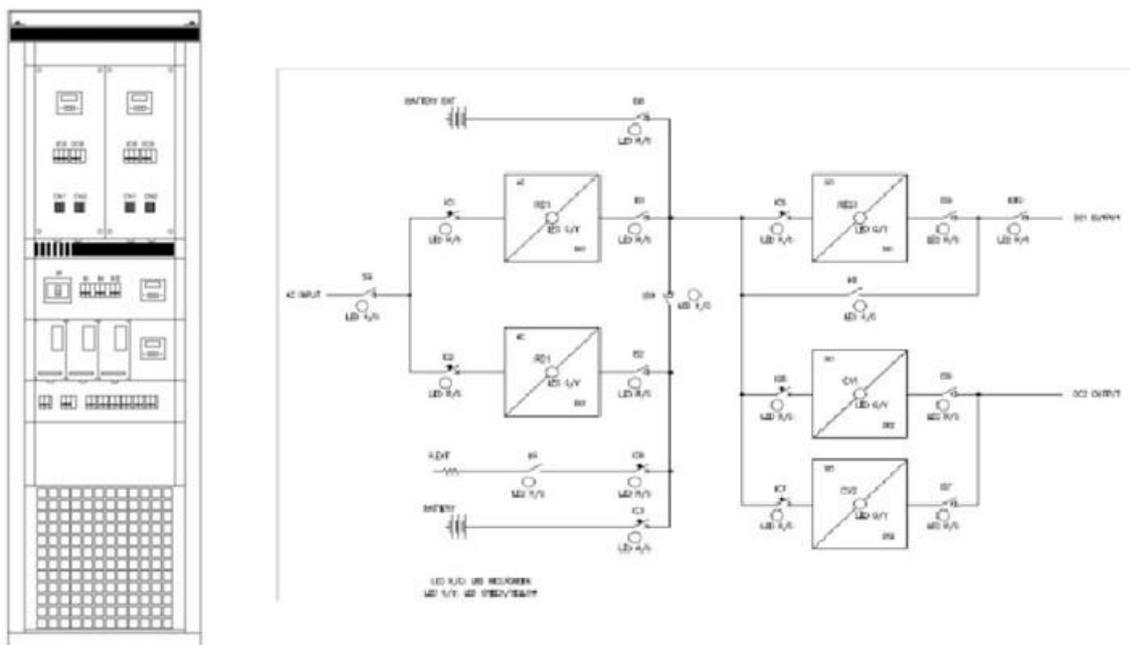


Figura 72 - PSS

7.5. PROJETO CIVIL**7.5.1. DADOS PRELIMINARES PARA PROJETOS****7.5.1.1. ESCOLHA DO TERRENO**

Após aprovação do estudo do planejamento deve ser feita a escolha do local adequado para a construção da SED. Deve ser verificada a posição do local em relação ao centro de carga, as condições climáticas, vias de acesso, a adequabilidade para construção, impacto de vizinhança e à infra-estrutura disponível (abastecimento de água, esgoto, níveis de ruído, etc).



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Para novas instalações, as subestações padrão LILO devem ser construídas em área de 3.000 m² e as subestações especiais em área de 3.500 m². As subestações radiais podem, quando devidamente avaliadas por Planejamento, ser construídas em áreas menores.

Para novas subestações MT/MT, estas devem ser construídas em área não superior a 2.500 m² (terreno de 50 x 50 m). O espaço deve ser suficiente para contemplar uma eventual ampliação.

Deve ser realizado estudo e avaliação das melhores condições físicas de entradas e saídas de linhas e alimentadores em função dos terrenos circunvizinhos e arruamentos.

Na identificação da localização da subestação deve:

- Garantir a disponibilidade de trânsito para a construção das conexões de MT entre a planta a ser construída e a rede de MT;
- Conter o corte de árvores tanto quanto possível, também ao escolher a rota das linhas aéreas de energia;
- Conter os movimentos de terra necessários, tanto quanto possível;
- Ter o maior cuidado com os aspectos de mitigação da instalação (por exemplo, nas regiões montanhosas, os pontos mais escondidos da área devem ser envolvidos para que a presença da subestação seja menos evidente na paisagem), considerando o mascaramento natural já presente e o uso presente e futuro do território;
- Evitar, sempre que possível, a faixa costeira para limitar o fenômeno de corrosão por cloretos marinhos;
- Evitar, na medida do possível (por exemplo, subestação em áreas portuárias/estaduais), ocupações de terras com títulos diferentes da propriedade total ou propriedade ilimitada da superfície;
- Dar preferência a áreas próximas a linhas AT existentes;
- Dar preferência a áreas com baixo risco hidrogeológico. Caso tal não seja possível, terão de ser adotadas soluções de projeto especiais, tais como: dimensionamento específico do sistema de drenagem pluvial/fluviál, eventuais estruturas adicionais para elevar componentes com risco de inundação, fundações adequadas, etc;
- Dar preferência a áreas com disponibilidade de conectividade de fibra ótica;
- Dar preferência a zonas com possibilidade de ligação à rede pública de esgotos e abastecimento de água;
- Avaliar a disponibilidade de ligações rodoviárias que permitam o transporte do equipamento, considerando que a oneração máxima é a do transformador cujo comboio pode ter até 23 m de comprimento com peso de 90t;
- Avaliar o custo de ligação da central à rede rodoviária existente (estradas de ligação a outras propriedades, obras de passagem como pontes/pontes de acesso à central, obras de apoio rodoviário como muros de contenção, consolidação de taludes, etc.);
- Verificar se a área pode conter todos os equipamentos e, condição ainda mais obrigatória, se a área é adequada para a construção do sistema de aterramento. Para este escopo, e outros fatores mais importantes listados acima sendo iguais, a resistividade do solo também deve ser avaliada;



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- É necessário atentar-se a "OP 882 Compra de Bens - Imóveis"; "OI 2086 Gestão das Obrigações e Licenças"; e "OI 2375 Regularização e Normalização de Bens Imóveis"; todas disponíveis no Org. Documents - ME. Para além disso, ainda no contexto das obras civis, é importante que fique consignada a necessidade de obtenção dos alvarás e licenças relacionados às obras (construção, reforma etc.), bem como respectivos certificados de conclusão (habite-se) e certidões negativas de débitos, haja vista que também impactam na Legalização da unidade a entrar em operação (obtenção de Certificação dos Bombeiros e Alvará/Licença de Funcionamento).

7.5.1.2. LEVANTAMENTO TOPOGRAFICO

A topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa do terreno da SED, de forma georreferenciada em coordenadas UTM, conforme base do IBGE ou especificado pela distribuidora.

O Levantamento Planimétrico deve representar em um plano horizontal: o norte magnético/norte verdadeiro, os limites da superfície do terreno, ângulos, confinantes, bem como todas as particularidades notáveis, naturais e artificiais do terreno, como canais, via de acesso, cercas, obras de arte, etc.

O Levantamento Altimétrico deve representar as medidas da diferença de nível entre diversos pontos. Deve ser executado de 10x10m e ultrapassar os limites do terreno em 20m, em todas as direções e indicar as cotas no eixo da via de acesso e faixa de domínio. Devem ser representadas em curvas de nível com variação máxima de 0,5 metro.

O nível de referência e os cantos do terreno devem ser indicados, em campo, com marcos de concreto, com identificação em baixo relevo.

A caderneta de campo deve ser parte integrante do projeto, enviada em meio digital. Quando solicitado pela unidade de Engenharia, a caderneta deve vir em meio físico com croqui.

7.5.1.3. ESTUDO DA RESISTIVIDADE DO SOLO

Deve ser feito um estudo do solo para o dimensionamento do sistema de aterramento.

Recomendamos realizar uma medição no terreno virgem e outra ao final da movimentação de terra.

Nota: Todos os equipamentos devem seguir as normas de calibragem, nos laudos devem conter os certificados e ART's dentro da validade.

7.5.1.4. SONDAGEM

Preferencialmente, deve ser realizado sondagem antes da aquisição do terreno para estudos iniciais. Após análise visual do terreno deve ser feita a seleção dos ensaios e investigações a serem executadas, com base nas Normas da ABNT referentes ao assunto, com a finalidade de garantir a resistência e estabilidade da obra. Caso a subestação contenha instalações hidrossanitárias, devem ser realizados, no mínimo, os ensaios SPT e testes de absorção do solo.

O projeto deve conter o número de sondagens e sua localização em planta, profundidade a ser explorada, descrição do tipo de sondagem utilizado.

Quando a locação dos furos deve ser dada especial atenção às áreas de maiores cargas, como local dos transformadores de potência, fundações das edificações, base dos equipamentos, etc.

Nota: Todos os equipamentos devem seguir as normas de calibragem, nos laudos devem conter os certificados e ART's dentro da validade.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.2. ESTUDOS GEOTÉCNICOS E GEOLÓGICOS

O projeto geotécnico deve ser baseado em um número adequado de ensaios de campo e de laboratório. Será necessário definir o plano de investigação em conformidade com os requisitos relatados neste documento, nas normas de referência citadas e eventualmente no Anexo Nacional, quando houver.

Antes de definir o plano de investigação, é necessário conhecer as principais propriedades geológicas do local.

O projetista das fundações deve definir estas regiões para a eventual programação de investigações adicionais, elaboração do projeto e programação dos ensaios de desempenho das fundações. Isso deve ser feito conforme o item 6 da ABN NBR-6122.

7.5.2.1. RELATÓRIO GEOLÓGICO

Laudo geológico tem por objetivo verificar, do ponto de vista geológico, a viabilidade de obras civis para o ES; o mesmo relatório deve ter como objetivo a obtenção de licença de construção ou outros documentos de autorização (ambientais, paisagísticos, etc.).

O relatório deve ser elaborado considerando os mapas de periculosidade e viabilidade existentes e, caso não estejam disponíveis, os referidos mapas devem ser executados para o local.

O relatório geológico deve definir, com referência específica ao local/projeto, os principais aspectos geomorfológicos, as características climáticas, os processos morfogenéticos e de instabilidade ocorridos e ativos, caso existam, e a sua evolução/tendência; a estratigrafia principal do sítio incluindo a descrição detalhada dos diferentes litotipos, o seu estado de alteração/fraturação e degradação; além disso, o relatório deve descrever detalhadamente os principais aspectos estruturais (ocorrência de falhas, dobramentos, etc), as características das superfícies de descontinuidade, especialmente das rochas; deve apresentar os principais aspectos hidrogeológicos e o esquema de circulação hidráulica superficial/subsuperficial, destacando as feições hidrogeológicas no caso de restrições existentes.

O relatório também deve fornecer todos os dados necessários para avaliar o risco sísmico do local e a ação do projeto.

O relatório deverá ser acompanhado de desenhos/esquemas, mapas e cortes geológicos, e de toda a documentação de levantamentos de campo e laboratoriais, históricos e realizados.

7.5.2.2. PLANO DE INVESTIGAÇÃO

É necessário definir um plano de investigação adequado incluindo o levantamento geotécnico e geofísico de campo e os ensaios de laboratório a serem realizados para uma definição completa das propriedades da área do SED.

No final da investigação, é necessário um relatório geológico/geotécnico final descrevendo detalhadamente todas as atividades realizadas incluindo relatório fotográfico e geotécnico detalhado, os resultados, os códigos técnicos, as recomendações e conclusões relacionadas aos parâmetros geotécnicos a serem usados para SED geotécnico e estrutural dimensionamento.

7.5.2.3. RELATÓRIO GEOTÉCNICO

O relatório geotécnico deverá definir a estratigrafia para cada teste de campo realizado para uma perfuração e uma cava experimental, respectivamente.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Com base nos testes realizados no local e no laboratório, os seguintes parâmetros devem ser claramente definidos em cada camada:

- Ângulo de atrito;
- Coesão;
- Unidade de peso;
- Módulo de elasticidade (estático e dinâmico);
- CBR (California Bearing Ratio);
- Deve ser definida a resistência à compressão uniaxial (no caso de rochas);

O Relatório Geotécnico deve incluir, pelo menos, as seguintes informações:

- Procedimentos de escavação e talude para escavação e aterros;
- Localização de qualquer prospecção executada;
- Descrição de toda a campanha geotécnica;
- Classificação USCS;
- Estratigrafia;
- Capacidade de carga admissível, estática e sísmica;
- Formulação de análise de assentamentos;
- Profundidade mínima da fundação;
- Recomendações sobre o tipo de fundações a serem utilizadas;

7.5.2.4. ESTABILIDADE DE INCLINAÇÃO DA PLATAFORMA DA SUBESTAÇÃO

No caso da plataforma ou fundação da subestação próxima a um declive, deve-se verificar a estabilidade global. As propriedades mecânicas da área serão definidas ao longo do talude sob investigação. É necessário o uso de um método adequado de estabilidade de taludes 2D (como os métodos de Bishop, Janbu ou Morgenstern e Price). A saída da análise deve relatar os fatores de segurança para as diferentes superfícies deslizantes e destacar os menores fatores de segurança.

A margem de segurança para verificação deve seguir o código aplicável.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

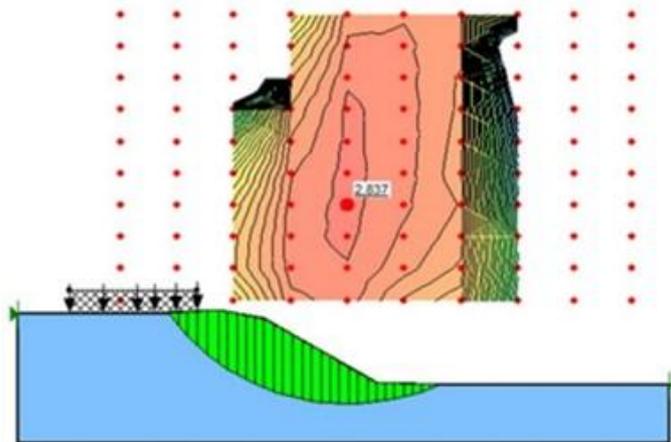


Figura 73 - Exemplo de verificação de estabilidade de talude

7.5.2.5. CONDIÇÃO DA AVALIAÇÃO SÍSMICA

As forças sísmicas que atuam nas fundações que suportam equipamentos e estruturas devem ser consideradas.

Suportes estruturais, fundações e ancoragens de equipamentos elétricos em classes de tensão superiores a 35 kV devem ser projetados de acordo com IEEE Std. 693.

A aceleração de pico do solo (PGA) deve ser definida para selecionar o nível de qualificação sísmica apropriado.

O PGA deve ser cuidadosamente estimado considerando a zona sísmica, a classificação do solo e as condições do local.

De acordo com o IEEE 693, Art 8.6:

- se o $PGA \leq 0,1g$, a área é classificada como baixa;
- se $0,1g < PGA \leq 0,5g$, a área é classificada como moderada;
- se o $PGA > 0,5g$ a área é classificada como alta;

No entanto, classificações ou requisitos diferentes e mais rigorosos podem ser adotados de acordo com os padrões locais.

7.5.3. MOVIMENTO DE TERRA

7.5.3.1. LIMPEZA E RASPAGEM DO TERRENO

O projeto deve indicar a área de limpeza e raspagem de no mínimo 20 cm de espessura do terreno para eliminação da camada vegetal. Deve ser realizado o bota-fora do material oriundo da raspagem em local adequado, conforme orientação dos órgãos públicos.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.3.2. TERRAPLANAGEM

O projeto da terraplanagem deve conter, dentre outras informações: planta baixa, cortes, projetos de estruturas de arrimo, indicação de volumes geométricos de corte e aterro, etc. Deve-se ainda, realizar o controle tecnológico da terraplanagem, com foco especial nas etapas de compactação do solo.

Deve ser apresentado um plano de trabalho, os equipamentos e a quantificação necessária à execução dos serviços com acompanhamento da distribuidora.

No caso de aterro, o projeto deve indicar: a espessura e o número das camadas; o método de compactação e a caracterização do material a ser empregado. Na caracterização deve conter no mínimo as seguintes informações: granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, grau de compactação determinado, Índice de Suporte Califórnia (CBR), densidade, umidade ótima e locação da jazida de empréstimo.

A superfície final do aterro deve ser dimensionada de modo a resistir à passagem de veículos para manutenção dos equipamentos dentro dos pátios, nas vias de circulação. No trecho que dá acesso aos transformadores deve resistir à carga de movimentação dos mesmos.

Deve ser indicado o local de despejo do material de "bota-fora".

A(s) cota(s) do(s) platô(s) deve(m) ser definida(s) de modo a garantir simultaneamente:

- escoamento de águas pluviais, para tanto, é necessário ser investigado o nível máximo das enchentes ocorridas no local;
- Drenagem das bases dos transformadores de potência, containers e demais elementos contidos no pátio da SED;
- Estabilidade dos taludes;
- Viabilizar a implantação do arranjo físico da subestação.

Com a evolução da obra poderá haver necessidade de outros ensaios complementares para melhor caracterização das propriedades do solo. Neste caso, os ensaios devem ser executados em tempo hábil, de modo a não comprometer o cronograma físico da obra.

7.5.3.3. ESCAVAÇÃO E REATERRO

O projeto deve indicar as dimensões das cavas e valas de modo a permitir uma execução segura das escavações. Este deve indicar também se as escavações devem ser manuais ou mecânicas e qual o tipo de material a ser utilizado nos reaterros.

Caso haja necessidade, deve ser apresentado o projeto de escoramento das cavas.

Vale ressaltar que se, durante a execução da obra, ocorrer surgimento de água que provoque interrupção nos serviços de escavação, deve ser apresentado um projeto complementar com dimensionamento do tipo de esgotamento a ser utilizado.

7.5.4. DRENAGEM E PAVIMENTAÇÃO

O escopo do trabalho inclui o dimensionamento do gerenciamento das águas pluviais dentro da área da subestação e nos arredores. O projeto deve ser executado de acordo com os códigos, normas e melhores práticas industriais locais e considerando os requisitos relatados neste documento. Os requisitos mais



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

rigorosos devem ser geralmente aplicados. As indicações fornecidas em IEEE 980 e IEC 61936 devem ser geralmente seguidas.

Salvo disposição em contrário na regulamentação local, as águas pluviais das plataformas das estações elétricas devem ser consideradas como águas limpas. Somente as águas pluviais que caírem na fundação do transformador e na fundação da bobina de Petersen devem ser tratadas como água contaminada por óleos

Deve ser projetado um sistema de drenagem, abrangendo toda a área do terreno da subestação, de modo a proporcionar um perfeito escoamento das águas pluviais, bem como do lençol freático evitando modificações na capacidade de suporte do solo.

O projeto de drenagem deve atender as características do local onde será implantada a subestação, observando também os índices pluviométricos da região e os terrenos circunvizinhos, evitando o escoamento de água para os mesmos.

Sempre que possível a drenagem deve ser superficial.

Para a execução do projeto deve ser verificado junto aos órgãos públicos, onde necessário, o destino das águas captadas, apresentando soluções, de acordo com as exigências dos mesmos.

Os tubos de drenagem adotados no projeto devem ser de acordo com as normas brasileiras. Estes devem ter diâmetro compatível com a vazão máxima e declividade adotada, possuir resistência diametral capazes de suportar as cargas geradas pelo reaterro compactado e trânsito de veículos na superfície. Os tubos para drenagem do óleo dos transformadores devem ser compatíveis com as condições de escoamento (temperatura, viscosidade, extensão da tubulação, velocidade mínima de escoamento, etc.).

As calhas e caixas de drenagem, quando utilizadas, devem ter projeto específico e detalhado.

No projeto das caixas e calhas deve ser indicado o tipo de material a ser utilizado, tipo e traço de argamassa, tipo e traço de concreto, tipo de impermeabilizante e juntas de dilatação.

7.5.4.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

O estudo hidrológico e hidráulico faz sempre parte do âmbito de trabalho para este tipo de projetos. O estudo deve estar em total conformidade com os requisitos apresentados neste documento e com os requisitos locais, conforme definidos pelas autoridades locais. Serão aplicados os critérios mais conservadores e rigorosos. Devem ser considerados quaisquer documentos adicionais, relatórios, cálculos ou desenhos relacionados aos aspectos hidrológicos e hidráulicos da usina, conforme exigido pelas autoridades locais para obtenção das licenças pertinentes.

7.5.4.1.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

O principal objetivo do estudo hidrológico é definir as vazões máximas esperadas em cada uma das bacias ou áreas de drenagem relevantes para o projeto, e para períodos de retorno de, pelo menos, 10, 50, 100 e 200 anos. Todas as análises hidrológicas necessárias para os sistemas de drenagem externa e interna da área da subestação, incluindo as vias de acesso, devem ser realizadas com o objetivo de entender o ambiente hidrológico da linha de base. O estudo hidrológico é necessário para:

- Avaliar a sensibilidade do ambiente hidrológico de linha de base no local em questão e na área circundante em relação ao projeto proposto;
- Identificar quaisquer impactos potenciais no ambiente hidrológico associados ao projeto proposto desenvolvimento;

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Identificar quaisquer restrições impostas pelo ambiente hidrológico existente ao desenvolvimento proposto;
- Identificar quaisquer restrições impostas pelo ambiente hidrológico existente ao desenvolvimento proposto;

O estudo hidrológico deve ser baseado nos melhores dados pluviométricos disponíveis para a região em análise. Esses dados visam definir a altura da chuva (mm) ou a intensidade da chuva (mm/h). Uma das seguintes fontes, ou uma combinação delas, pode ser usada para obter os dados necessários:

- Análise probabilística (clássica): caso exista um bom conjunto de dados pluviométricos (pelo menos 20 anos de registros de dados). A análise estatística dos dados de chuva deve ser realizada usando uma das abordagens tradicionalmente aplicadas, como Gumbel, Gamma, GEV, TCEV, Log Pearson, Log Normal, etc. O método mais adequado deve ser selecionado realizando um teste de confiabilidade, por exemplo Kolgomorov Smirnov;
- Revisão da literatura: no caso de dados processados existentes, consistentes e prontamente disponíveis nas proximidades do local do projeto que pode ser considerado representativo;
- Interpolação Espacial: se os dados pluviométricos disponíveis resultarem dispersos e não representativos para a área do projeto, uma interpolação espacial pode ser adotada para identificar uma distribuição de dados melhor e mais aderente;
- Processamento de dados brutos: em caso de falta de dados pluviométricos, tanto para o local do projeto quanto para a área circundante, os dados de precipitação podem ser coletados de arquivos on-line, como TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission – NASA: <https://gpm.nasa.gov/data>), NOAA ou qualquer outra fonte oficial do país em que o projeto está sendo desenvolvido;

Uma vez definida a precipitação de projeto para cada período de retorno necessário, é necessário delimitar todas as bacias e áreas de drenagem relevantes para o projeto e, então, iniciar a avaliação do escoamento esperado.

O cálculo do escoamento é uma etapa crítica e deve ser estimado com precisão com uma margem de segurança razoável para garantir a proteção das estruturas e dos córregos naturais e um projeto econômico. Por esta razão, é necessário decidir um modelo adequado de transformação chuva-vazão.

Os métodos aceitáveis de cálculo do escoamento estão listados abaixo:

- Método Racional: Aceitável para áreas de drenagem inferiores a 2,5 km² (1 mi²) quando apenas as taxas de fluxo de pico são precisas;
- Método de Onda Cinemática: Aceitável para bacias hidrográficas de qualquer tamanho e apropriado para bacias hidrográficas complexas e quaisquer áreas de drenagem superiores a 2,5 km² (1 mi²). O Método de Onda Cinemática é o método preferido para as condições de escoamento urbano mais complexas;
- Método do Hidrograma da Unidade SCS: Aceitável para bacias hidrográficas de qualquer tamanho e apropriado para bacias hidrográficas complexas e quaisquer áreas de drenagem superiores a 2,5 km² (1 mi²);

Caso seja escolhido o Método de Ondas Cinemáticas ou Hidrogramas Unitários SCS, deve ser utilizado um software de modelagem hidrológica capaz de simular os processos de precipitação-escoamento de bacias dendríticas como o HEC HMS.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Relativamente à delimitação das bacias relevantes e à definição das suas características físicas, caso esteja disponível um Modelo Digital de Elevação (DEM) para análise, todos os parâmetros devem ser obtidos do DEM utilizando ferramentas adequadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Ao utilizar o Método Racional, deve-se definir o tempo de concentração conforme as equações tradicionalmente aplicadas, selecionando aquela que melhor se adequa à morfologia da área.

Os efeitos da área da subestação na Hidrologia da área circundante devem ser adequadamente investigados (efeitos pós-desenvolvimento). Os estudos devem seguir as exigências das autoridades locais.

7.5.4.1.2. RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE INUNDAÇÃO

Uma avaliação de risco de inundação, para avaliar a vulnerabilidade do local selecionado para o ES, deve ser realizada. O estudo deve ser realizado considerando um período de retorno não inferior a 200 anos, seguindo os resultados da análise hidrológica e utilizando um modelo numérico 2D, se aplicável. Caso uma análise de fluxo instável (2D) seja considerada necessária para definir a vulnerabilidade da área ES, ela deve ser realizada usando um software apropriado. O período de retorno de 200 anos representa um valor mínimo, deve ser comparado com a exigência das autoridades locais e o valor mais restritivo deve ser aplicado.

No relatório de avaliação de risco de inundação devem ser incluídos os seguintes dados:

- Localização do local da subestação;
- Características hidrológicas e geológicas;
- Desenho mostrando a zona de inundação;
- Verificação de defesas contra enchentes;
- Desenhos/Mapas mostrando o nível do solo existente para a localização do local da subestação;
- Desenho mostrando o nível proposto para a área da subestação;
- Definição do Sistema de Drenagem;

7.5.4.1.3. RELATÓRIO HIDRÁULICO

Deve ser realizado um estudo hidráulico adequado para definir os valores de caudal, considerando a morfologia, geologia e uso do solo da área de captação e as condições atmosféricas existentes (ou seja, teor de humidade).

O objetivo do relatório hidráulico é definir as dimensões e as características de todas as estruturas relacionadas com o sistema de drenagem projetado para:

- área externa do SED referente a um período de retorno de 200 anos;
- área interna do SED referente a um período de retorno de 20 anos;
- drenagens para vias de acesso referenciadas a um período de retorno de 10 anos;

O estudo hidrológico deve conter, no mínimo:

- códigos de referência aplicáveis localmente;
- descrição completa das principais características morfológicas da área envolvida (bacias, sub-bacias e bacias hidrográficas);



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- descrição da rede de drenagem existente;
- descrição das condições hidrológicas do local das bacias hidrográficas;
- descrição das principais características do solo do local;
- delimitação da bacia principal e de todas as áreas de drenagem contribuintes;
- definição das principais características de todas as bacias hidrográficas (percentagem de área permeável e impermeável, tempo de concentração, comprimento hidráulico, declividade da bacia, etc.).

O relatório deve incluir todos os dados relevantes (taxa de fluxo permitida, detalhes da seção, inclinação e velocidade do fluxo) para os itens analisados usando métodos de projeto padrão e/ou software adequado. Deverá ser verificada a dimensão de todas as obras hidráulicas já existentes e eventualmente as benfeitorias a definir, respeitando os princípios da invariância hidráulica. Os desenhos e cálculos devem incluir todas as verificações geotécnicas e estruturais das obras hidráulicas.

Os bueiros transversais devem estar localizados o mais próximo possível da via de drenagem natural. A combinação de fluxos de vários canais em um canal comum para usar apenas um bueiro transversal é desencorajada. Do ponto de vista da eficiência hidráulica, durabilidade e manutenção, mudanças bruscas na direção do fluxo são indesejáveis.

O ângulo máximo de curvatura em qualquer ponto ao longo do alinhamento horizontal ou vertical de um bueiro deve ser de 22,5°.

A capacidade hidráulica de um bueiro deve ser melhorada pela seleção de entrada apropriada. É importante fornecer uma transição de fluxo mais gradual para diminuir a perda de energia e, assim, criar uma condição de entrada hidraulicamente mais eficiente. A esse respeito, bordas chanfradas adequadamente projetadas ou entradas cônicas laterais e cônicas inclinadas são aceitáveis.

A velocidade máxima permitida para valas não revestidas é definida, para diferentes tipos de solos (de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos, ASTM 2487), Tabela 32.

Tabela 32 - Velocidade máxima para valas não revestidas

Tipo de Solo	Vmax (m/s)
Vidro firmemente plantado	1.65
Argila	1.10
Silte	0.90
Cascalho fino	0.65
Areia	0.35

Se a velocidade do fluxo exceder os limites listados acima, as valas de terra devem ser modificadas (reduzindo a distância entre as valas adjacentes ou modificando seu tamanho ou inclinação). Alternativamente, ou quando as alternativas acima não puderem ser implementadas, as valas serão revestidas (valas revestidas) com concreto, aço, telhas de pedra, riprap. A velocidade máxima para valas revestidas é informada na Tabela 33:

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 33 - Velocidade máxima para valas revestidas

Tipo de Vala Revestida	Vmax (m/s)
Concreto	4.50
Aglomerado de Pedras	2.00
Azulejo de Pedra	3.00
Aço Corrugado	3.00
Aglomerado Betuminoso	3.50

Se, devido a uma determinada condição do local, as melhorias não forem suficientes para manter a velocidade de escoamento abaixo dos limites acima definidos, soluções alternativas devem ser definidas e propostas.

7.5.4.1.4. VISTA DE PLANTA MOSTRANDO OBRAS DE DRENAGEM

A planta das obras de drenagem deverá relatar as valas laterais a serem construídas ao longo das vias de acesso ao ES e ao longo do perímetro da área da subestação, bueiros, sarjetas e todo o projeto de obras necessário para o escoamento das águas superficiais para evitar erosão do solo ou estagnação de água na área da subestação.

As vistas em planta devem ser desenhadas nos níveis de contorno e devem relatar claramente o caminho do projeto até o ponto final de descarga de água da chuva.



Figura 74 - Exemplo de planta que mostra as obras de drenagem da principal via de acesso à região do SED

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

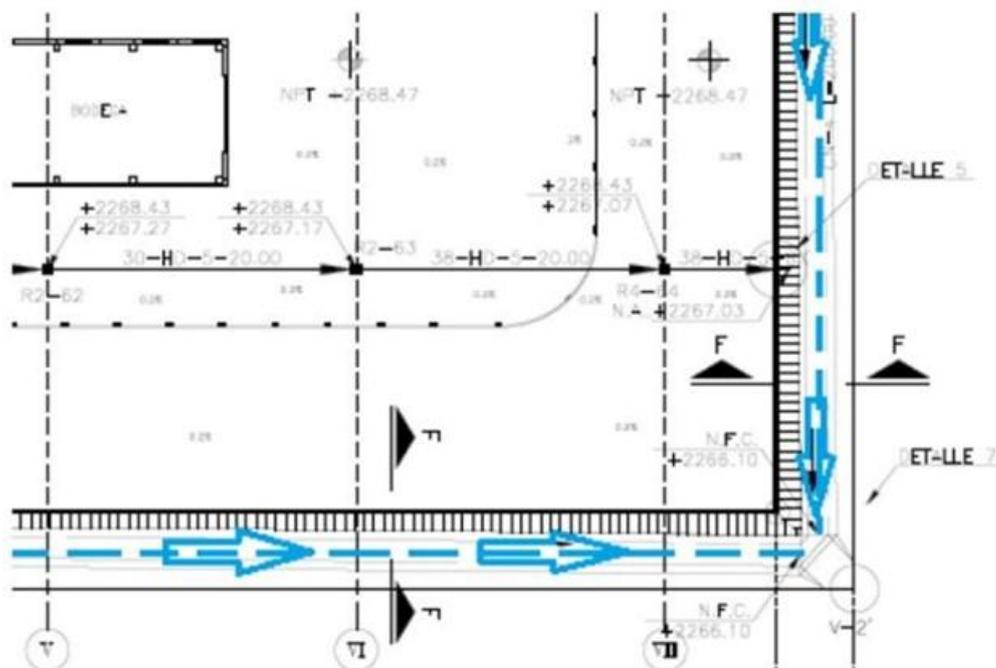


Figura 75 - Exemplo de planta que mostra as obras de drenagem da subestação plataforma e detalhe do ponto de descarga

7.5.4.2. SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEIS

Convém prever que o controle e o gerenciamento das águas pluviais sejam realizados, sempre que possível, por meio de sistemas sustentáveis de drenagem urbana (SuDS) que prevejam o escoamento dos volumes pluviais de acordo com os seguintes critérios (de acordo com as normas ambientais e de saúde locais regulamentados):

- A reutilização de volumes armazenados, de acordo com restrições de qualidade, como irrigação de áreas verdes, instalações sanitárias;
- Por infiltração no solo ou nas camadas superficiais do subsolo, compatível com as características pedológicas do solo e hidrogeológicas do subsolo;
- Por descarga em um receptor de água superficial natural ou artificial;
- Por descarga no esgoto;

Os sistemas sustentáveis de drenagem urbana (SuDS) podem desempenhar um conjunto diversificado de funções ligadas tanto à gestão dos fluxos de água como à melhoria da qualidade da água e da paisagem.

Os critérios de dimensionamento do SuDS devem assim referir-se aos princípios de reutilização de água, aproveitamento dos processos de infiltração, remoção de água, provenientes do escoamento superficial, utilizando sistemas baseados no desencadeamento de efeitos de laminação de fluxo com descarga num receptor de águas superficiais natural, artificial ou esgoto (sempre dentro dos limites estabelecidos pela regulamentação local).

A realização de sistemas de drenagem sustentáveis deve sempre ser realizada respeitando os objetivos e limites indicados pelas normas locais de invariância hidráulico-hidrológica.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Para reduzir o impacto associado à construção de uma subestação elétrica (ES), ao nível da gestão das águas pluviais, é necessário em primeiro lugar prever uma otimização dos espaços minimizando as áreas impermeáveis e disponibilizá-las apenas onde existam evidentes necessidades logísticas e funcionais.

Os sistemas de drenagem sustentável a serem adotados em uma subestação elétrica podem ser configurados tanto para regularização das águas pluviais que caem no interior da subestação quanto para regularização das águas provenientes do entorno e relativas às vias de acesso da usina. Além disso, os sistemas que podem ser adotados, além de apresentarem certas características técnicas, devem ser tais que não requeiram frequentes ciclos de manutenção ou custos elevados.

Assim, os sistemas de drenagem sustentáveis que poderão ser utilizados no caso de uma subestação elétrica, conforme já referido, poderão ser por exemplo um ou mais dos seguintes tipos:

- Tanques de superfície ou subterrâneos;
- Pavimentos permeáveis;
- Perda ou infiltração de poços;
- Trincheiras de drenagem e canais vegetados;
- Sistemas geocelulares modulares;
- Tanques de laminação subterrâneos (por exemplo, tanques flywheel);
- Telhados verdes;

Para soluções de drenagem sustentável e para todas as soluções sustentáveis a serem utilizadas no ES é necessário consultar o documento GRI-GRI-GUI-E&C-0018 Diretriz de Soluções de Infraestrutura Sustentável.

7.5.4.3. SISTEMA DE ÁGUAS PLUVIAIS

A rede hidráulica subterrânea deverá ser dimensionada a uma profundidade mínima de 80 cm, a partir do nível final.

Sempre que possível, para reduzir o custo e o tempo de construção, a rede hidráulica de escoamento das águas pluviais deve ser projetada o mais próximo possível dos aproveitamentos elétricos. Todas as possíveis interferências entre as concessionárias devem ser verificadas.

Os seguintes aspectos devem ser considerados:

- As águas pluviais captadas pelas cabines elétricas (se houver) serão conectadas à rede de drenagem do SED;
- As valas de concreto serão conectadas à drenagem de águas pluviais;
- O separador por gravidade óleo-água (se houver) deve ser conectado ao sistema de drenagem de águas pluviais;
- A cada 20 m e em qualquer mudança de direção, um bueiro de inspeção deve ser considerado. O bueiro de inspeção deve ser de concreto pré-moldado ou moldado in situ;

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.4.4. SISTEMA DE CONTENÇÃO DE ÓLEO

Caso os transformadores/equipamentos externos estejam com operação a óleo, deve ser considerada a hipótese de derramamento de óleo.

O derramamento de óleo pode ser causado por falha ou vazamento dos recipientes de óleo, pode ser decorrente de transpiração (funcionamento normal) ou de vedação imperfeita do equipamento ou das conexões.

O sistema de contenção de óleo mineral deve atender aos seguintes requisitos:

- Ser impermeável;
- Evitar que eventual derramamento de óleo caia fora da área impermeabilizada (ou seja, o eventual óleo derramado do transformador deve cair na fundação do transformador);
- Dimensionar uma fundação para o volume total de óleo dos transformadores ou, alternativamente, definir um sistema para separar óleo e água filtrando adequadamente a água oleosa em um tanque dedicado;
- Facilitar as ações de extinção em caso de ocorrência de incêndios na área do transformador;
- Todo o conjunto deve ser dimensionado para conter no mínimo 110% do volume total de óleo do maior equipamento e drenar eventual contribuição das águas da chuva, de sistemas de supressão de incêndio ou de atividades manuais de combate ao incêndio.

O arranjo físico do sistema de contenção deve conter no mínimo as seguintes funções:

- Coleta de óleo através de bacias coletoras;
- Drenagem de água e óleo;
- Contenção do óleo derramado em bacia de contenção;
- Separação do óleo da água em caixa separadora de óleo;
- Dispositivo de supressão de chamas.

Existem diferentes abordagens para os conceitos de design de sistemas de contenção:

- Um fosso individual ao redor da fundação do transformador dimensionado para comportar todo o volume de óleo do transformador;



Figura 76 - Exemplo de poço individual ao redor do transformador

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Uma área de contenção de volume limitado ao redor do transformador, com drenagem canalizada para um subsolo;

**Figura 77** - Exemplo de contenção de volume limitado

A abordagem de poço individual pode ser econômica em uma subestação com apenas um transformador, enquanto uma área alinhada ou uma área de captação de armazenamento limitada com um tanque de armazenamento subterrâneo comum pode ser a melhor escolha em uma estação com vários transformadores de potência.

O sistema utilizado é o de um único tanque de fundação, utilizado como tanque de contenção, para subestações com vários transformadores maiores/iguais a dois, onde a água oleosa é coletada e periodicamente esvaziada manualmente através de um sistema de bombeamento móvel, então é um serviço a ser realizado periodicamente com empresas especializadas.

O poço de fundação do transformador deve ser dimensionado considerando as indicações da seção FUNDAÇÃO DO TRANSFORMADOR para as dimensões mínimas.

Podem ser propostos sistemas alternativos para garantir o tratamento adequado da água oleosa, dentro dos limites estabelecidos pelas leis e regulamentos locais.

Os transformadores devem ser instalados sobre bacia de coleta e contenção. O volume útil da bacia deve ser conforme ABNT NBR 13231.

O comprimento e largura da bacia de contenção de óleo deve ser igual ao comprimento e largura dos transformadores acrescido de 0,5 m, conforme Figura 77.

As bacias coletoras devem ser projetadas de forma que o nível máximo de óleo, assumindo descarga total, fique, no mínimo, 100 mm abaixo do topo da camada de pedra britada.

No ponto mais baixo da bacia deve ser instalada uma caixa de captação que permita a vazão para a tubulação de coleta da caixa separadora de óleo. Na parte superior da caixa de captação deve ser instalada uma grelha que impeça a entrada de pedra britada na tubulação.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.4.5. CAIXA SEPARADORA DE AGUA E ÓLEO

A caixa separadora de óleo deve possibilitar a drenagem da água e do óleo, permitindo a retirada do óleo captado e apresentando capacidade mínima correspondente à vazão do óleo vertido do maior transformador da subestação conforme ABNT NBR 13231. A caixa separadora deve ser instalada em área específica, conforme ABNT NBR 13231.

7.5.4.6. DISPOSITIVO DE SUPRESSÃO DE CHAMA

Deve ser utilizada como dispositivo de supressão de chama a pedra britada, a qual deve apresentar diâmetro entre 25mm e 50mm.

A camada de pedra britada deve ser no mínimo de 300mm.

7.5.4.7. PAREDE CORTA FOGO

Devem ser garantidos os afastamentos mínimos entre os transformadores de potência ou, quando não for possível, utilizar parede corta-fogo, conforme definido na NBR 13231 e, caso aplicável, regulamentação local. Preferencialmente, o projeto deve adotar como medida de proteção contra incêndio o afastamento de 10 metros entre os transformadores (afastamento para transformadores com até 20.000 litros de óleo).

Caso não seja possível garantir as distâncias de segurança recomendadas na ABNT NBR 13231, deve ser utilizada parede corta fogo conforme a seguir:

- Parede corta fogo entre transformadores e equipamentos conforme desenho 01 em anexo;
- Parede corta fogo entre os transformadores e as edificações conforme desenho 02 em anexo;

Deve sempre ser verificado as legislações locais, estaduais e ou federais.

7.5.4.8. VIAS DE ACESSO

No projeto das vias de acesso deve ser dada atenção especial para a área de manobra dos transformadores de potência, módulos híbridos e a Subestação Móvel, de modo que o trânsito e a operação dos mesmos não danifiquem os elementos do projeto de drenagem (caixas, calhas, tubos, etc.).

O projeto da pavimentação deve ser elaborado de modo que proporcione um tratamento superficial das pistas de rolamento, evitando erosão ou abatimento quando submetido a carga, viabilizando a circulação de veículos de transporte, carga, descarga e manutenção de equipamentos.

Antes da elaboração do projeto devem ser consultados os órgãos municipais, estaduais ou federais gestores das vias de acesso ao terreno da subestação com a finalidade de verificar as exigências nas faixas de domínio dos mesmos. Após a elaboração, o projeto deve ser aprovado pelos referidos órgãos.

No projeto do acesso à subestação, deve ser indicado o tipo de pavimento e os demais materiais e equipamentos a serem empregados; espessura da sub-base e da base; tipo de rejuntamento; tipo de contenção lateral e nos bordos da pista a pavimentar.

Os arruamentos das subestações devem ser no mínimo 6 m (arruamento principal) e no mínimo 4 m (arruamento secundário).

O projeto de acessos deve contemplar as cargas admissíveis conforme o arranjo da subestação, de forma que apresente as resistências de suporte para transporte e descarregamento de equipamentos da subestação, considerando essas necessidades na fase de execução da obra, bem como manutenção da



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

subestação. A planta deve informar quais são as cargas de suporte previstas em cada arruamento da subestação e considerar os prováveis locais de carga e descarga de equipamentos. Caso o solo não atinja a resistência mínima necessária para contemplar as cargas admissíveis, deve ser elaborado um reforço ou substituição de solo.

7.5.4.9. SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA

A sinalização de emergência numa instalação SED tem múltipla finalidade. Inicialmente visa reduzir a probabilidade de ocorrência de um “princípio” de incêndio, alertando para os diversos riscos existentes, prezando para que sejam adotadas ações adequadas específicas para cada risco verificado, contribuindo de forma eficaz com as ações de prevenção.

A sinalização de emergência tem também por finalidade orientar as ações de combate, facilitando a localização de equipamentos específicos para tal e, por fim, tem por finalidade principal, a função de orientar o acesso às rotas de fuga e saídas de emergência para abandono seguro da edificação em caso de sinistro.

A sinalização de segurança contra incêndio e pânico faz uso de símbolos, mensagens e cores objetivamente definidos conforme constante na Parte 2 da ABNT NBR 13.434 e assim, não variam em razão da localidade da edificação e não devem ser alterados, permitindo que os usuários possam facilmente reconhecê-los e interpretá-los corretamente.

Deve sempre ser verificado as legislações locais, estaduais e ou federais.

7.5.5. FUNDAÇÃO

Neste parágrafo são fornecidas as principais características das fundações principais que estão presentes na subestação elétrica primária. As fundações são projetadas de acordo com as cargas e cargas combinadas que o projeto estrutural deve realizar. O dimensionamento estrutural deve ser baseado em estados limites de acordo com as normas indicadas na seção.

As fundações devem ser projetadas para suportar a combinação máxima de momento fatorado induzido, compressão e torção.

As fundações devem ser dimensionadas sempre de acordo com o laudo geotécnico.

As armaduras estruturais das fundações são sempre conectadas à malha de aterramento através do aterramento das armaduras. Isso ocorre por meio de uma chapa de aço de dimensões fixas (200x50x4 mm) galvanizada conforme a norma ISO 1461 (Figura 78). Geralmente, são colocadas 4 chapas de aço para grandes fundações, 2 para cada lado curto. Para fundações menores (por exemplo fundações unipolares e tripolares) 1 placa de aço é suficiente.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

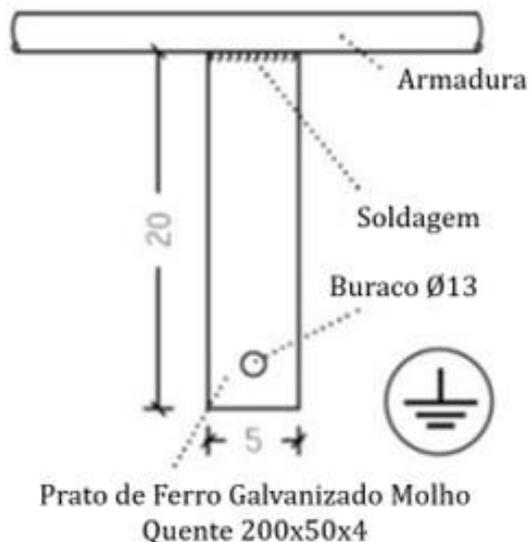
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

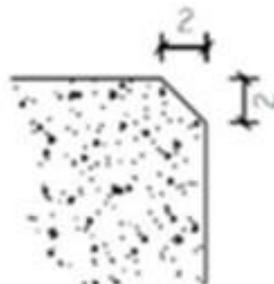
Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

**Figura 78** - Conexões de aterramento das fundações

As bordas da parte acima do solo de cada fundação devem ser chanfradas conforme Figura 79.



REALIZAR EM TODAS AS BORDAS
DAS FUNDAÇÕES

Figura 79 - Chanfro particular

Os seguintes materiais devem ser utilizados no projeto estrutural, considerados como indicações mínimas:

- Concreto Magro:
 - Classe de concreto: C12/15 (2000/2500 psi)
 - Classe de exposição ambiental: a definir de acordo com a norma EN 206 ou norma local equivalente (ver ACI 318)
- Concreto para fundação:
 - Classe de concreto: C25/30 (3600/4000 psi) (EN 206);
 - Classe de exposição ambiental: a definir de acordo com a norma EN 206 ou norma local equivalente (ver ACI 318);
 - Classe de queda: S4 (consulte ASTM C 143);
 - Cobertura de concreto: 40 mm;

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Diâmetro máximo permitido de agregados: 20 mm;
- Classe de teor de cloretos: CL 0,40;
- Aço reforçado:
 - Aço B450C (Itália);
 - B-500-S de acordo com EHE-08 ou conforme padrão local (Espanha);
 - ASTM A615 Grau 60 para barras;
 - ASTM A 497 para reforço de arame soldado
- Conexões de Parafusos de Ancoragem:

Os suportes tubulares de aço dos equipamentos elétricos (por exemplo no caso de FUNDAÇÃO UNIPOLAR & TRIPOLAR) podem ser ancorados à fundação por meio de tocos ou chumbadores. A ancoragem à fundação deve ser verificada pela combinação de tração mais cisalhamento e compressão mais cisalhamento, de acordo com o modo de ruptura para ancoragens (ACI 318, Anexo D).

Para o dimensionamento dos chumbadores é necessário consultar as indicações de dimensionamento dos Eurocódigos 2 e 3, para as respectivas verificações da placa de base, da fundação de concreto e das ancoragens (EN 1992 – Dimensionamento de estruturas de concreto - Parte 4: Dimensionamento de acessórios para uso em concreto; EN 1993 – Projeto de estruturas de aço – Parte 1-8: Projeto de conexões).

Para os materiais a EN 1993 parte 1-8, no ponto 3.3, considera os seguintes materiais para a construção de chumbadores:

- Varetas roscadas e outros elementos estruturais de aço para carpintaria metálica em conformidade com a UNI EN 10025-1 série padrão harmonizada;
- Graus de aço em conformidade com os padrões de aparafusamento estrutural;
- Barras de reforço em conformidade com a norma EN 10080;

Para a ligação à fundação, o projetista pode avaliar a forma, os materiais e os tratamentos de superfície dos sistemas de ancoragem mais adequados ao projeto, que são depois feitos à medida. De acordo com a necessidade do projeto, o projetista pode optar pela utilização de ancoragens sob medida ou sistemas de ancoragem "padronizados" customizados já disponíveis no mercado.

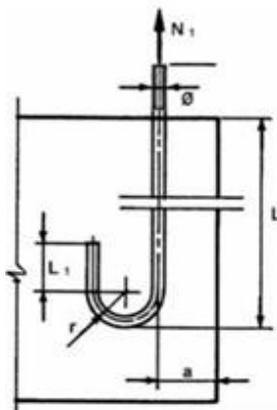


Figura 80 - Geometria típica dos chumbadores

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

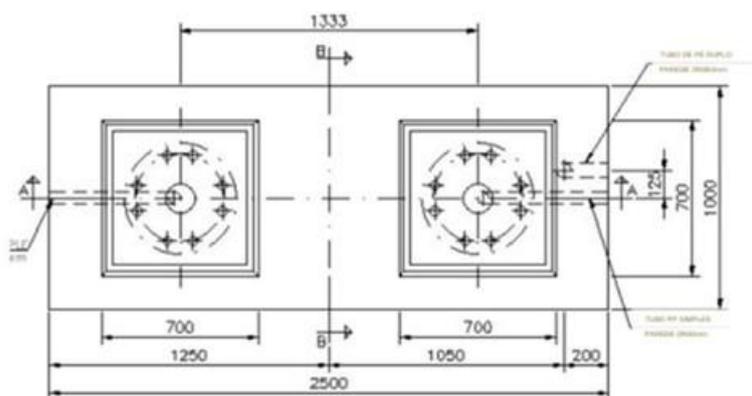
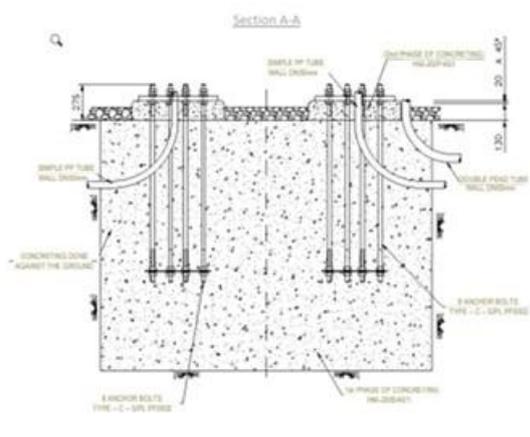
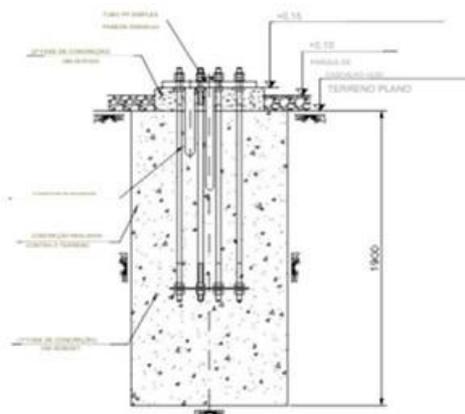
Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 34 - Elementos da Estrutura do Pórtico

Lista de Materiais		
Pos.	Denominação	Uds
E – 1.1	Colunas	2
E – 1.2	Feixe	1
E – 1.3	Plataforma de apoio	2
A0 – 1	Ponto Franklin	1
C1	Fio Terra	-

**Figura 82** - Planta da Fundação da Torre Gantry**Figura 83** - Trecho AA da Pórtico Fundação**Figura 84** - Trecho BB da Pórtico Fundação



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.5.2. FUNDAÇÃO UNIPOLAR E TRIPOLAR

A fundação monopolar é utilizada na seção de alta tensão para fixação dos transformadores de medição e descarregadores de corrente.

Trata-se de um plinto de fundação cujas dimensões são as seguintes:

- A parte completamente subterrânea de dimensões iguais a 140 cm x 140 cm x 60 cm;
- A parte parcialmente subterrânea centrada em relação à parte completamente subterrânea e com dimensões iguais a 60 cm x 60 cm x 40 cm. Esta parte emerge da altura do quintal de 5 cm;

O cobrimento mínimo é convencionalmente fixado em 4 cm, sendo sempre admissíveis valores de cobrimento superiores e de acordo com as classes de exposição da norma EN 206.

As estruturas metálicas relativas aos suportes tubulares do equipamento devem ser fixadas ao plinto de fundação por meio de placas de tamanho adequado e fixadas por chumbadores. Os chumbadores devem ser adequadamente projetados e dimensionados de acordo com a norma EN 1090.

O elemento de fundação repousa sobre concreto magro com 10 cm de espessura e maior em dimensões do que o sub-plinto.

A classe de concreto mínima do concreto magro é C12/15.

O elemento de fundação pode ser moldado no local ou pré-fabricado. Sua classe mínima de resistência do concreto deve ser C20/25.

A fundação tripolar muda da fundação unipolar apenas para as dimensões do sub-plinto, neste caso as dimensões são iguais a 160 cm x 160 cm x 60 cm, sempre em conformidade com os cálculos geotécnicos e estruturais. É utilizado na seção de alta tensão para fixação do barramento de alta tensão.

As imagens relativas ao elemento de fundação com um exemplo de lista de armaduras são apresentadas a seguir. O cálculo estrutural e geotécnico do elemento deve ser sempre realizado.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Vista de Plano

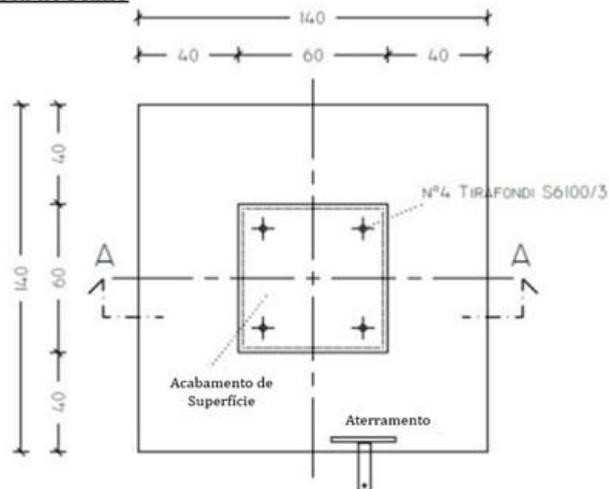


Figura 85 - Vista em planta da fundação unipolar

Seção A-A

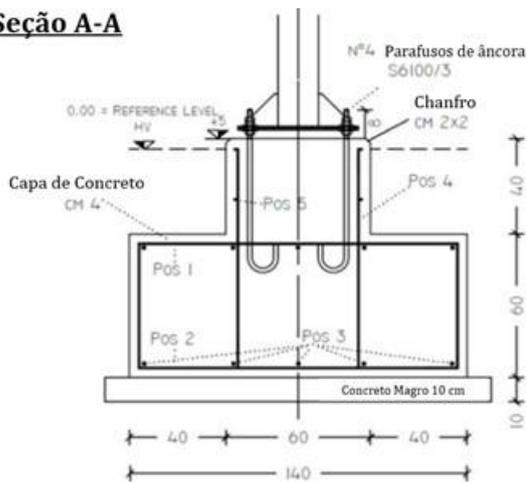


Figura 86 - Seção de fundação unipolar

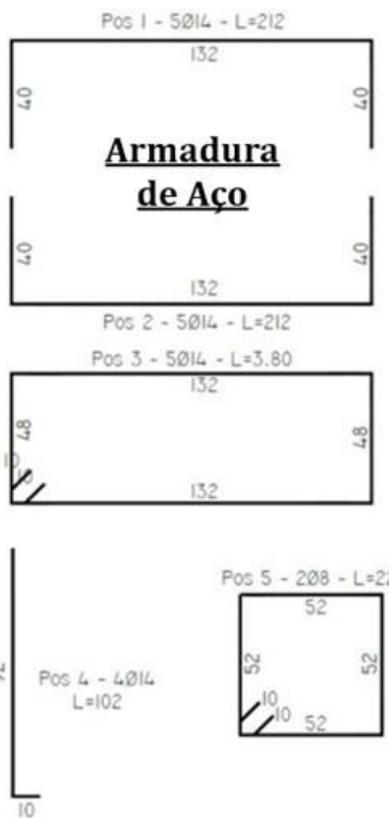


Figura 87 - Exemplo de projeto de armadura de aço para fundação unipolar

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

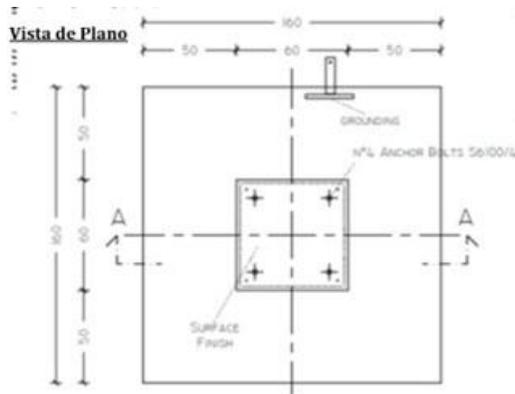


Figura 88 - Vista em planta da fundação tripolar

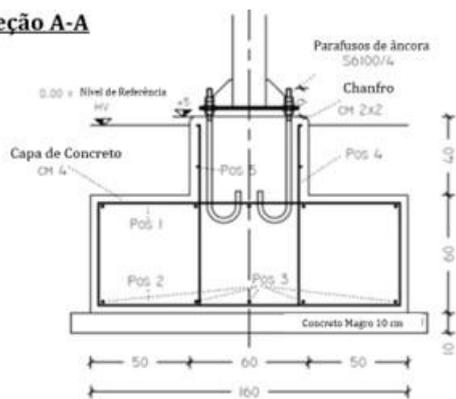
Seção A-A

Figura 89 - Seção de fundação tripolar



Figura 90 - Exemplo de projeto de armadura de aço para fundação tripolar

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

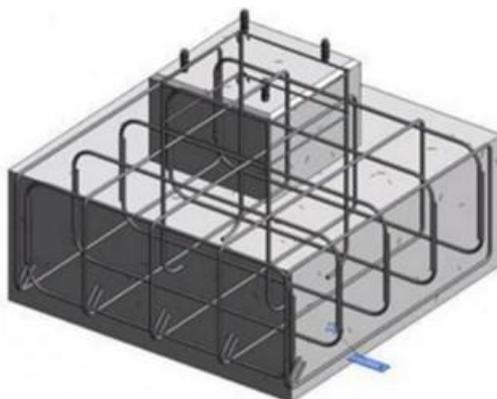


Figura 91 - Modelo 3D da fundação tripolar/unipolar

7.5.5.3. BARRAMENTO AT

Os barramentos principais de alta tensão serão do tipo barramento simples e serão de alumínio. A altura para a instalação será de 7,15 m e a separação entre os centros dos equipamentos principais será de 14 m.

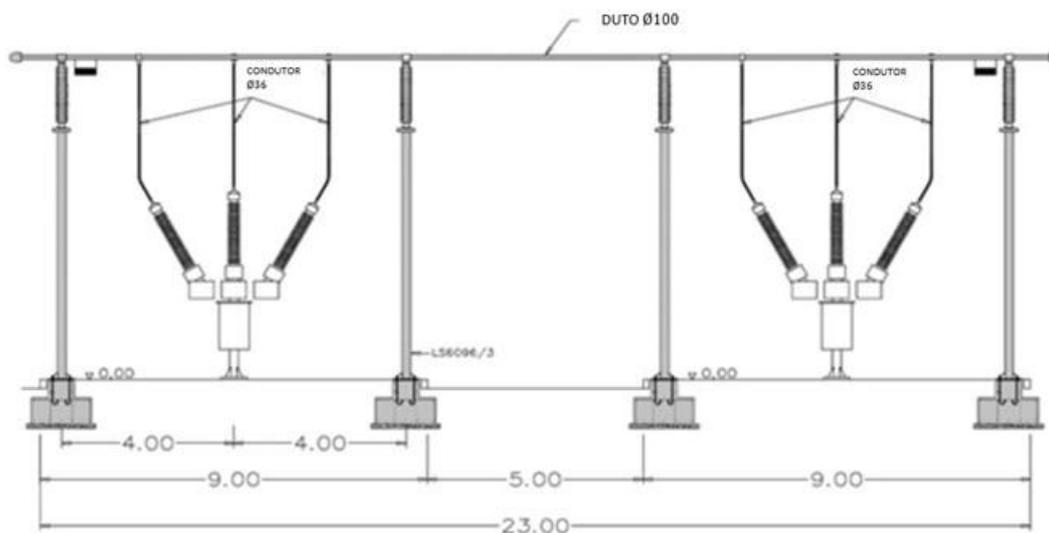


Figura 92 - Vista frontal do barramento principal de AT

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

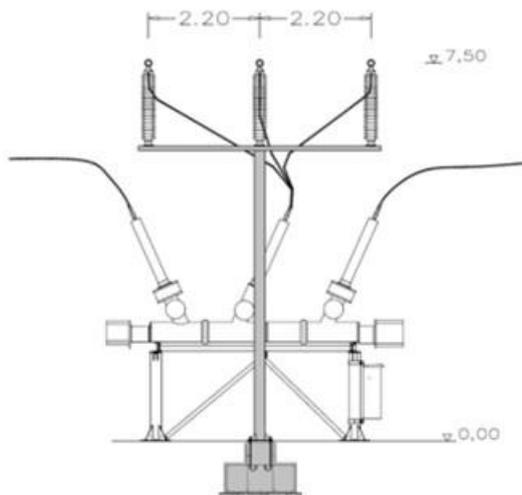
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

**Figura 93** - Esquema de barramento AT (vista lateral esquerda)

É possível modificar a estrutura da barra lateral para permitir a retirada do equipamento híbrido em caso de falha.

7.5.5.4. FUNDAÇÃO DO MÓDULO HÍBRIDO

A fundação, sobre a qual será instalado o módulo híbrido, será de concreto e conterá tubulações para cabos de proteção, controle e comunicação. Em geral, as fundações dos elementos da seção serão do tipo superfície, baseadas em sapatas isoladas e feitas com concreto armado.

As dimensões da fundação padrão serão tais que permitam fixar as diferentes estruturas de suporte dos módulos híbridos definidos, independentemente do número de suportes da estrutura. Além disso, essas dimensões também dependerão do tipo de solo. Assim, dependendo dos resultados do estudo geotécnico, deverão ser melhoradas as características do terreno ou a dimensão das fundações, se necessário.

O dimensionamento da fundação referente ao módulo híbrido deve obedecer aos seguintes critérios técnicos gerais:

- As dimensões da fundação devem ser padronizadas e adequadas para a instalação de todos os tipos de módulos híbridos atualmente em uso;
- As dimensões da fundação devem ser compatíveis com o layout padrão liberty das subestações elétricas primárias;
- Na fundação, além do módulo, as trincheiras de cabos e a caixa de controle do módulo deve ser arranjado;
- As dimensões do quadro elétrico devem ser contidas e não devem exceder as admissíveis para garantir distâncias de operação adequadas do disjuntor acionado por mola e distâncias de segurança adequadas das partes elétricas do módulo;
- A abertura do gabinete de controle para sua inspeção deve ser na lateral do transformador;

A espessura da fundação deve ser de pelo menos 40 cm, espessuras menores devem ser devidamente justificadas. A fundação deve assentar em rocha magra com pelo menos 10 cm de espessura e maior em

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

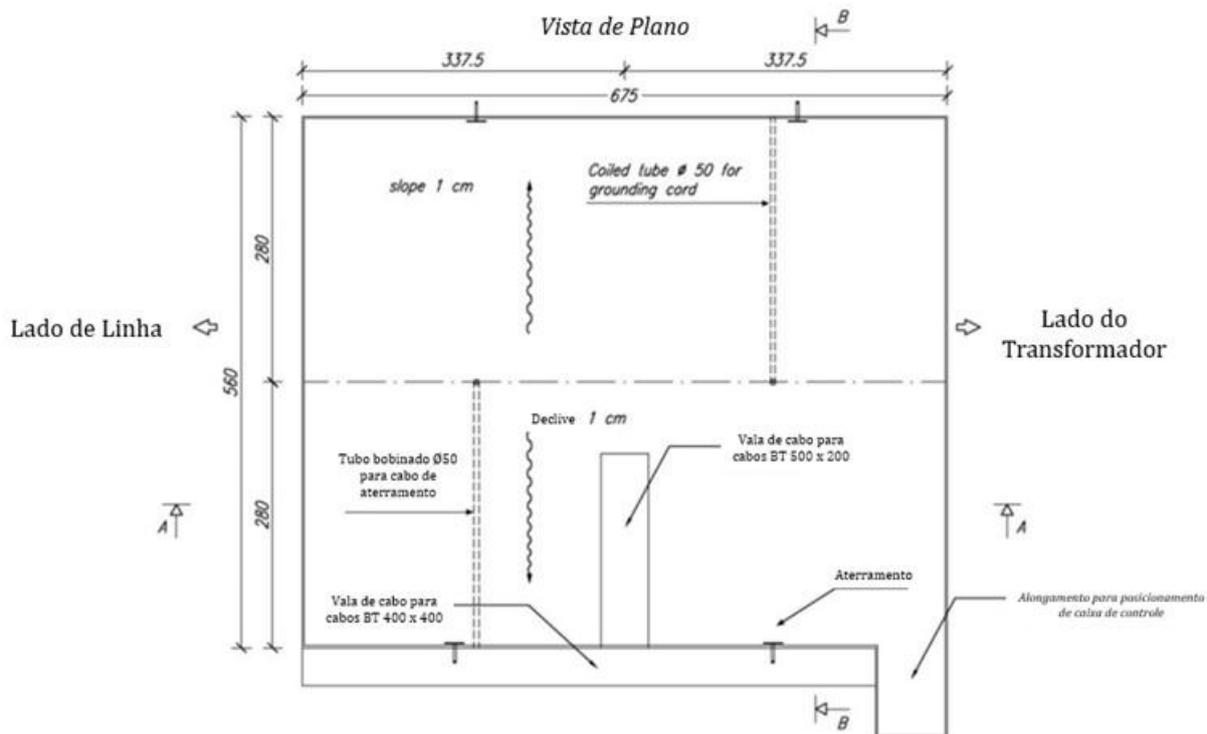
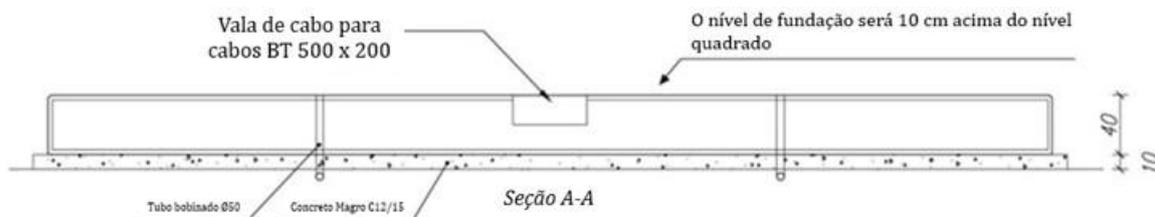
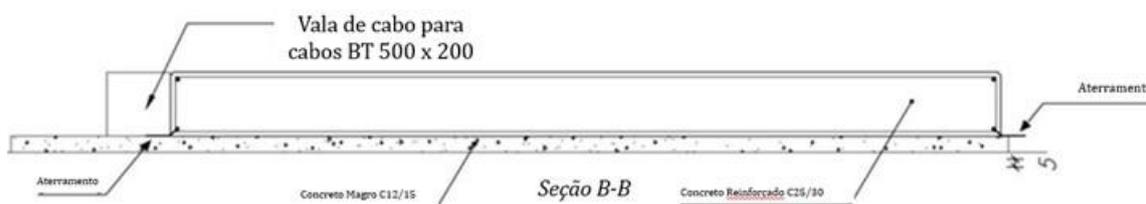
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

**Figura 95** - Fundação detalhada do módulo híbrido Planview**Figura 96** - Seção AA da Fundação do Módulo Híbrido**Figura 97** - Seção BB da Fundação do Módulo Híbrido**7.5.5.5. FUNDAÇÃO GIS-AT**

Em construção.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

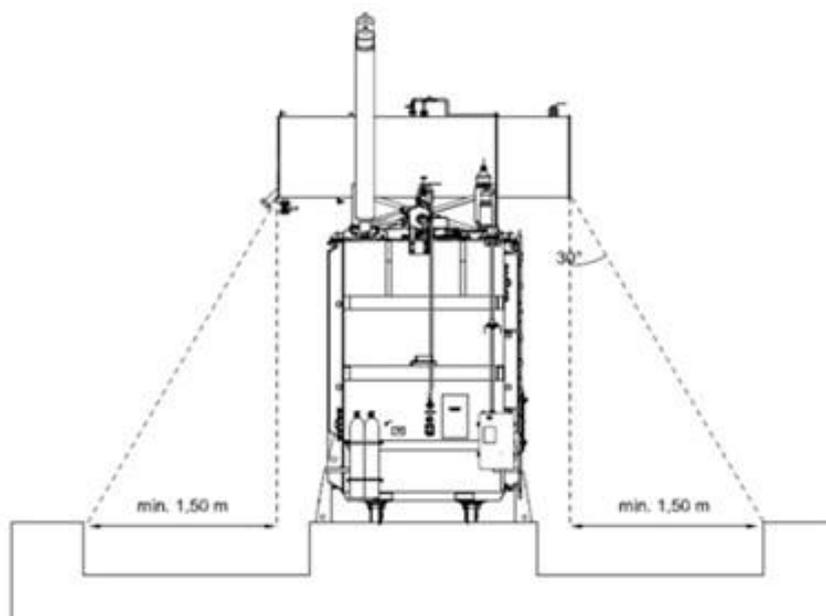
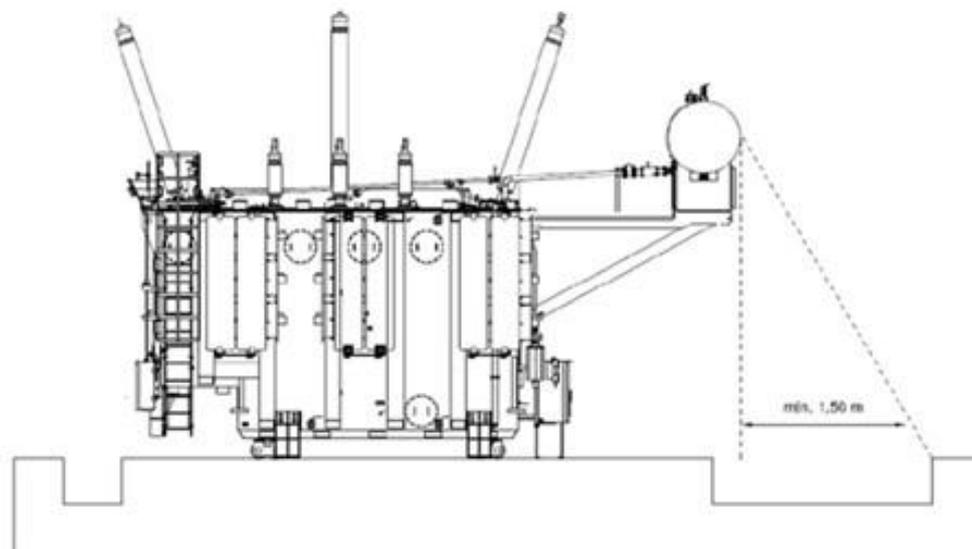
Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.5.6. FUNDAÇÃO DO TRANSFORMADOR

A fossa de fundação do transformador deve ser dimensionada considerando as seguintes indicações para as dimensões mínimas em planta.

A fundação do transformador deve ser considerada como uma bacia adequada para conter o eventual derramamento de óleo para evitar que o eventual derramamento de óleo polua as áreas circundantes.

A distância mínima entre o reservatório de óleo e a borda interna da fundação do transformador deve ser de no mínimo 1,5 metros, conforme IEEE 980, Figuras 98 e 99.

**Figura 98** - Elevação da fundação do transformador**Figura 99** - Layout da fundação do transformador



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

O sistema deve ser dimensionado levando em consideração as seguintes condições operacionais:

- Funcionamento normal do transformador: água de chuva e possíveis perdas limitadas;
- Serviço pesado para falha grave do transformador: água da chuva e descarga de todo o óleo;

Os dados iniciais para o dimensionamento do container são:

- Quantidade de óleo presente no transformador (no caso de vários transformadores o volume do maior óleo contêiner deve ser considerado) para determinar a capacidade máxima do contêiner;
- Valores pluviométricos, necessários para determinar a capacidade da fundação/bacia do transformador ou a capacidade do fosso de retenção;

Um critério geral é dimensionar a fundação do transformador de acordo com um volume total igual ao volume de óleo de um transformador mais 30%, Figura .

As superfícies internas da fossa devem ser impermeabilizadas com tinta resistente a óleo. A superfície inferior deve ser alisada e inclinada em direção ao tubo de saída do sifão. As juntas de construção e dilatação devem ser vedadas com materiais resistentes a óleo. Para evitar qualquer vazamento de ou na fundação, os tubos de entrada e saída devem ser herméticos.

O nível superior da fundação deve estar pelo menos 20 cm acima do solo, a fim de evitar a entrada de água da chuva.

O poço da fundação do transformador deve ser coberto com grades. A grade, suportes, todas as conexões e embutimento devem ser galvanizados por imersão a quente. A grade deve ser do tipo Keller. Sobre a malha deve ser colocado cascalho geralmente de 40 a 60mm de diâmetro e 40cm de altura, de forma a evitar a propagação do fogo do equipamento em caso de acidentes. Poderia ser considerada uma solução diferente dos tradicionais seixos e pedras, como grades de proteção contra incêndio.

A distância entre os 2 transformadores será de no mínimo 10 m, dependendo do volume de óleo (neste caso considera-se $2\ 000 \leq \text{volume de líquido} \leq 20\ 000$ l), de acordo com a Tabela 4 ("Valores de referência para distâncias de transformador externo") da IEC 61936-1-2021.

Somente no caso em que não seja possível permitir um espaço livre adequado, devem ser fornecidas paredes de separação resistentes ao fogo com as seguintes dimensões:

- Entre transformadores (Figura) separando paredes. Por exemplo, EI 60.
 - Altura H: maior ou igual ao topo da câmara de expansão (se houver), caso contrário, o topo do tanque do transformador;
 - Comprimento L: maior ou igual à maior parte da largura/comprimento do reservatório (no caso de um transformador do tipo seco, a largura ou comprimento do transformador, dependendo da direção do transformador);

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

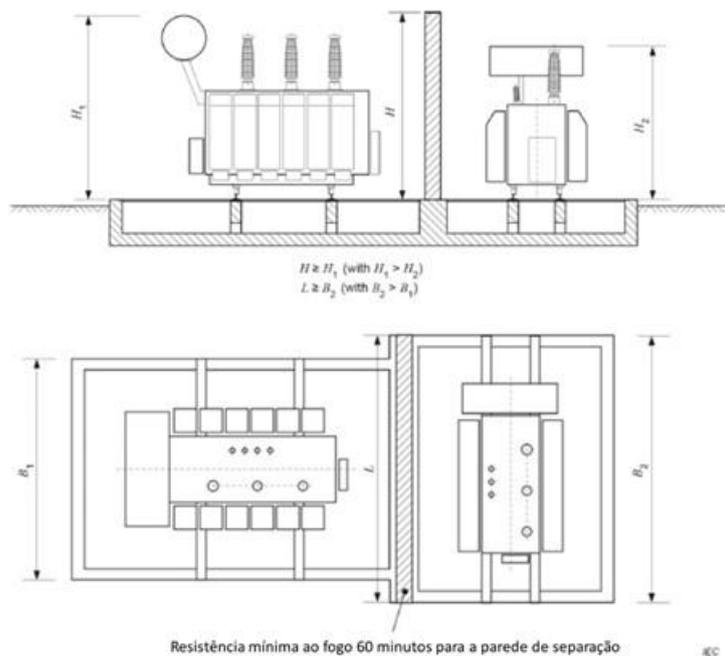
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

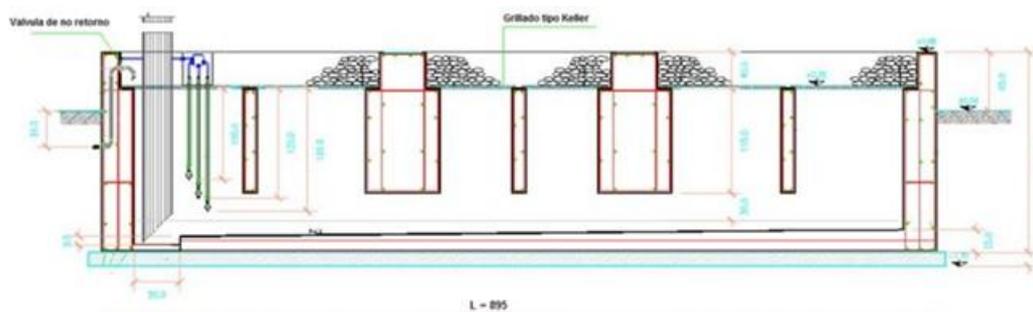
Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

 B_1 Comprimento do cárter do transformador B_2 Largura do cárter do transformador H Altura da parede separadora resistente a fogo H_1 Altura da câmara de expansão do transformador (se houver) ou tanque de transformador do transformador mais alto H_2 Altura da câmara de expansão do transformador (se houver) ou tanque de transformador do transformador mais baixo L Comprimento da parede separadora resistente a fogo**Figura 100** - Paredes de separação entre transformadores (figura extraída pela IEC 61936-1)

As fundações de concreto possuem dimensões padronizadas e permitem a instalação de transformadores de até 40 MVA sem nenhuma modificação.

Os pontos de fixação utilizados para transformadores são considerados sísmicos e o reservatório de óleo está localizado sob a fundação.

**Figura 101** - Exemplo de base e recipiente de óleo único para dois transformadores AT/MT

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

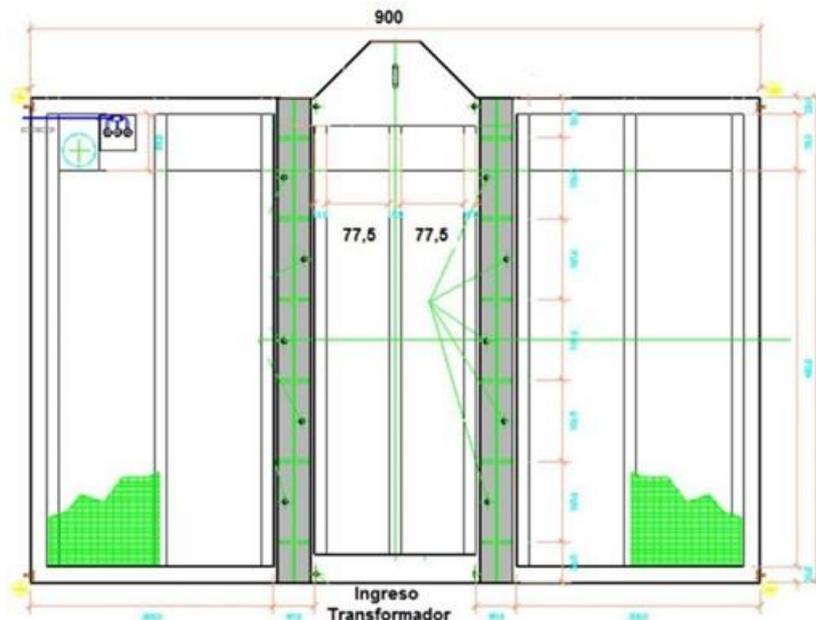
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

**Figura 102** - Base do transformador de potência e recipiente de óleo

O recipiente do óleo deve ser impermeável, pelo que deve ser adicionado algum tipo de aditivo que garanta esta condição.

Os principais materiais que devem ser considerados para a base são:

Tabela 35 - Resumo dos materiais utilizados para a base

Material	Usar	Característica
Aço	Barras de ferro de reforço de aço	B450C
Placas de Aço	Aço Estrutural e Chapas de Aço EN 10025	S275JR
Acabamento da superfície	A superfície metálica exposta deve ser galvanizada a quente EN 1461	
Concreto	Estrutura	C 25/30 X0 S4
Concreto	bases	C 25/30 X0 S4

No caso de execução e realização de armaduras em obra, é necessário assegurar:

- Montagem correta;
- Verificação de todas as curvas;
- Dimensionamento correto;



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Localização correta dos espaçadores que garantem distância interna;
- Cobertura de concreto que deve proteger completamente a armadura contra a corrosão.

As figuras 103 e 104 mostram o poço de concreto P6 a ser usado para o gabinete do cabo do transformador.

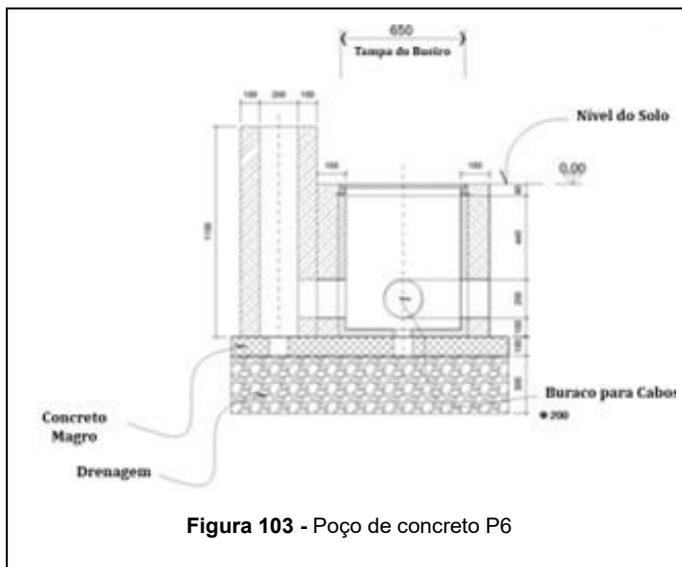


Figura 103 - Poço de concreto P6

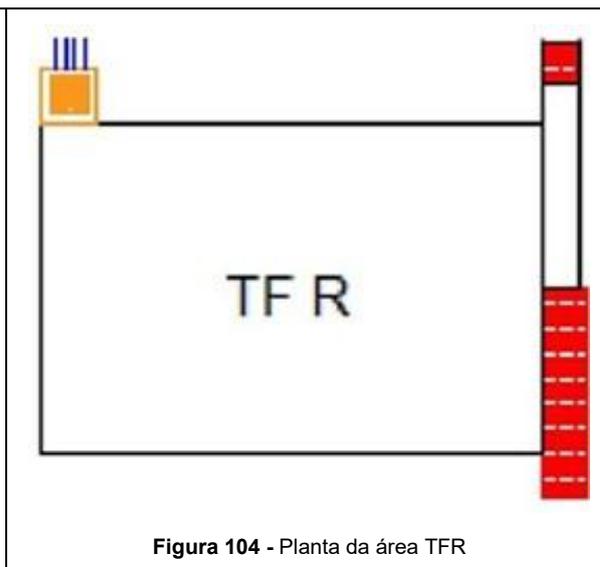


Figura 104 - Planta da área TFR

7.5.5.7. INSTALAÇÃO E FUNDAÇÃO DO CONTÊINER

O contêiner é feito de uma estrutura metálica autoportante com perfis, painéis isolados e blocos de canto.

O piso do container possui aberturas, providas de fechos anti-animais adequados, para a saída dos cabos de MT e BT.

O tamanho do contêiner na configuração de transporte é de aproximadamente 12,2 m de comprimento, 2,55 m de largura e 2,7 m de altura. Um caminhão articulado é usado para o transporte. O caminhão coloca o contêiner perto de sua fundação.

Por meio de quatro elevadores, o contêiner é levantado e o veículo articulado sai da estação mantendo uma trajetória reta para não bater nos elevadores.

Obviamente, um espaço reto mínimo de 16 m é necessário na frente das fundações para permitir a manobra do caminhão articulado. Posteriormente, os cavaletes são colocados nos pontos preparados e então, manobrando os elevadores, o container é abaixado.

Os seis suportes possuem uma placa na base para distribuir a carga de forma que não ultrapasse 10 N/cm². As placas devem ser fixadas na base, conforme descrito no manual de montagem.

As portas laterais compridas se abrem e o espaço entre elas fecha com painéis especiais para criar um corredor de serviço em cada lado comprido do contêiner.

A tampa necessária deve ser montada no recipiente para protegê-lo da luz solar e do clima.

A base de concreto armado deve suportar o contêiner e permitir a colocação dos cabos de MT e BT para chegar ao equipamento.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.5.7.1. FUNDAÇÃO DO CONTÊINER

As principais dimensões das fundações do contêiner são indicadas nas figuras 105, 106, 107, 108, 109 e 110.

Para alocar o condicionamento, a fundação deve ser estendida em pelo menos 50 cm além da borda da escada de entrada. Além disso, os tubos de conexão e os tubos necessários para os cabos de energia devem ser considerados e colocados.

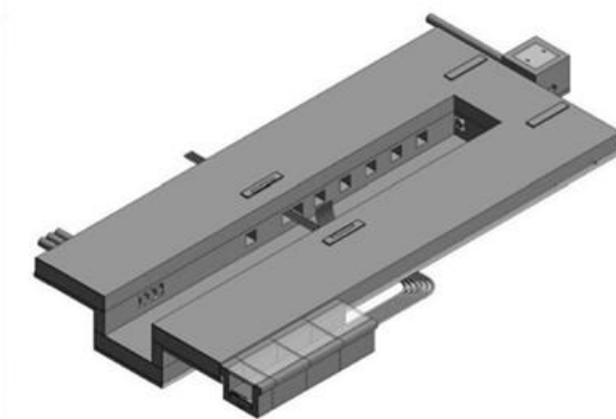


Figura 105 - Modelo 3D da fundação do container

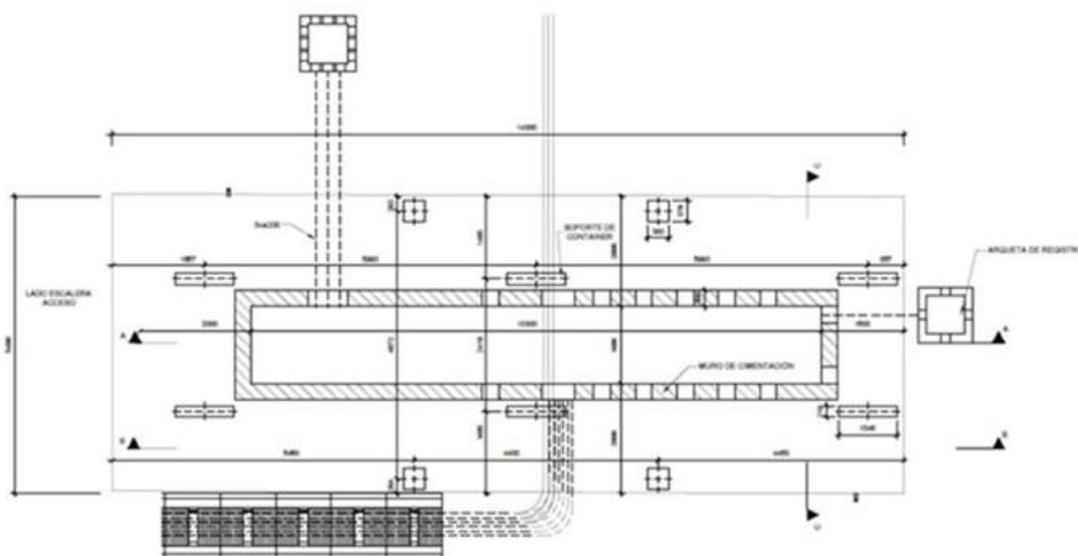


Figura 106 - Visão geral da fundação do container

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

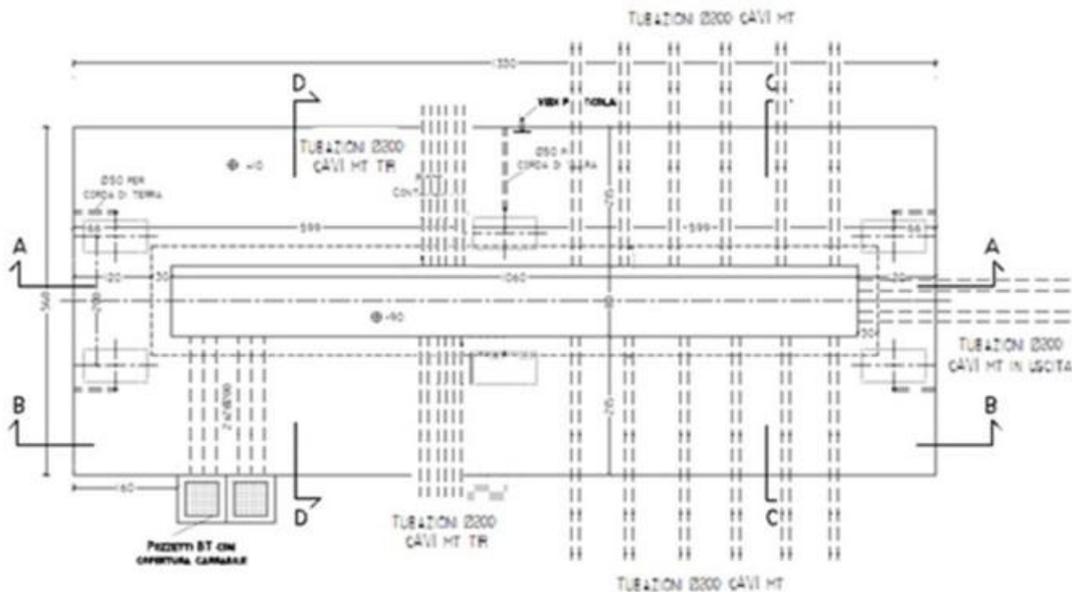


Figura 107 - Planta da fundação do container

SEÇÃO A-A

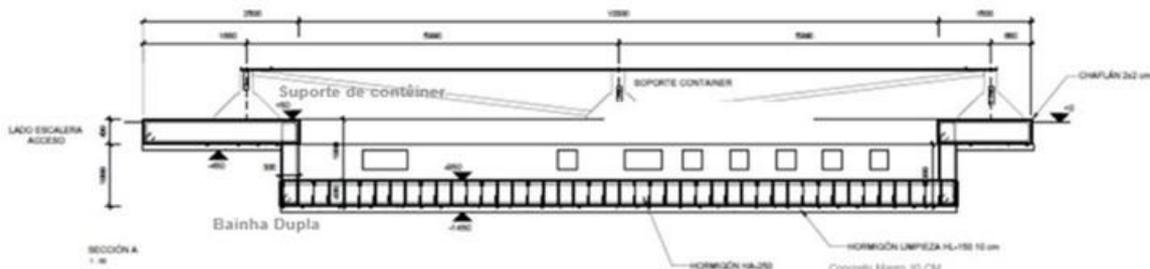


Figura 108 - Seção AA da fundação do container

SEÇÃO B-B

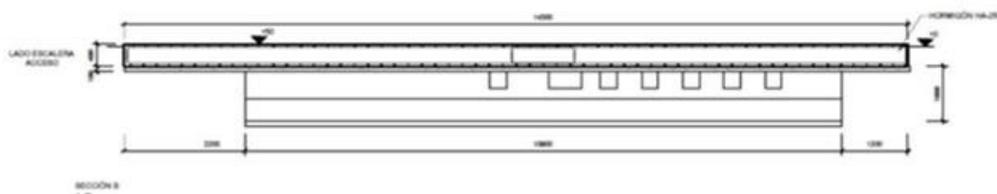


Figura 109 - Seção BB da fundação do container



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

SEÇÃO C-C

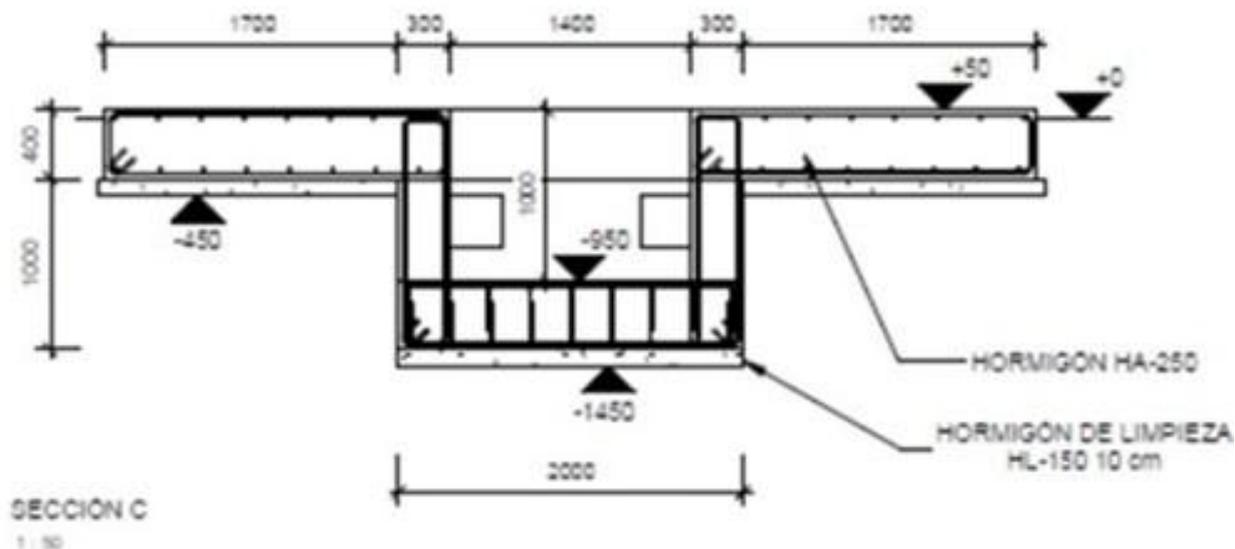


Figura 110 - Seção CC da fundação do container

A entrada do cabo no contêiner do transformador será em ambos os lados longos (uma canalização lateral por transformador), conforme item 7.4.14

7.5.6. EDIFICAÇÃO EM ALVENARIA

O escopo deste parágrafo é fornecer uma descrição dos requisitos a serem respeitados para o projeto do prédio em alvenaria da subestação. Em particular, apresentam-se a seguir as soluções normalizadas concebidas de acordo com as normas liberty e de acordo com as dimensões dos switchgear de média tensão a utilizar.

A configuração interna e a disposição dos equipamentos elétricos do prédio em alvenaria são fornecidas no desenho elétrico da planta.

A elevação estrutural do prédio em alvenaria pode ser realizada com um dos seguintes tipos:

- Vigas e pilares pré-fabricados de concreto e estrutura com painéis modulares pré-moldados de concreto;
- Estrutura de armação de concreto moldada in situ, parede de revestimento em painéis sanduíche de concreto pré-fabricados ou em tijolo e cobertura de telhado;
- Estrutura em steel frame e parede de revestimento em painéis sanduíche metálicos pré-fabricados;
- Estrutura de alvenaria armada;

O prédio em alvenaria deve ser construído de forma a garantir um grau de proteção externa não inferior a IP-33 conforme CEI 60529.

De acordo com o IEEE 979, o edifício de controle deve ser construído com materiais resistentes ao fogo ou incombustíveis. O prédio em alvenaria deve ser localizado e projetado de forma que o maior incêndio estimado



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

(por exemplo, de um transformador a óleo, um disjuntor ou plantas vizinhas ou instalações de armazenamento) não envolva ou afete a operação do equipamento dentro do edifício ou vice-versa.

O Edifício de Controle deve estar equipado com:

- Sistema de ventilação adequado;
- Impermeabilização confiável do edifício, a fim de obter proteção contra a infiltração de água ou inundações;
- sistema de proteção em caso de derramamento de óleo do transformador;
- Sistema de proteção em caso de derramamento de óleo do transformador;

O escopo do fornecimento deve incluir, mas não se limitar às seguintes atividades:

- Projeto estrutural e arquitetônico detalhado para o edifício, incluindo o projeto térmico e acústico em conformidade com a regulamentação indicada ou norma local;
- Construção;
- Fornecimento de material Certificado;
- Compras;
- Montagem;
- Transporte;
- Inspeção e teste;
- Documentação construída (Asbuilt);

O escopo de fornecimento inclui todos os materiais, componentes e atividades necessárias para garantir uma operação adequada e segura do Edifício.

Este parágrafo fornece as principais características de materiais, cargas e cargas combinadas de acordo com as quais o projeto estrutural do Edifício de Controle deve ser executado.

O projeto estrutural deve ser baseado em estados limites em conformidade com a norma internacional e local.

Deve ser fornecida toda a documentação exigida pela regulamentação em vigor no país a que se destinam as obras.

7.5.6.1. SOLUÇÕES

As dimensões dos relativos layouts standard são consequentes do tipo, portanto das dimensões, do quadro de MT a utilizar no caso de uma subestação elétrica com dois ou três transformadores. A Tabela 36 mostra os tipos de layouts e os frameworks MT relacionados que podem ser hospedados na solução considerada.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Tabela 36 - Soluções de Edifícios de Subestação e quadros de distribuição de MT compatíveis

SOLUÇÃO	Dimensões do plano em relação ao eixo dos elementos estruturais do perímetro	Número de transformadores	Quadros de distribuição MT compatíveis
Solução Pequena	6m x 24m	2 transformadores	GIS 24/36 kV 2500A; Compacto 24 kV 2000A;
Padrão Solução	10,5m x 28m	2 transformadores	AIS 24 kV 2500A;
		3 transformadores	GIS 24/36 kV 2500A; Compacto 24 kV 2000A;
Padrão+1 Solução	10,5m x 35m	3 transformadores	AIS 24 kV 2500A; AIS 17,5 kV 3150A;
Estendido Solução	Em construção		

Cada solução é concebida utilizando a mesma tipologia construtiva, ou seja, características funcionais comuns e utilizando os mesmos critérios construtivos.

As diferentes soluções são descritas abaixo. Os layouts 2D de cada solução (relativamente ao nível MT/BT), com o respetivo exemplo de posicionamento dos quadros de MT conforme expresso na Tabela 36, podem ser visualizados na secção "Exemplo de layout dos switchgear de MT no comando da subestação em alvenaria".

7.5.6.1.1. PEQUENA SOLUÇÃO

A solução SMALL é utilizada apenas no caso de uma subestação elétrica com dois transformadores. É composto por 4 vãos de 6 metros cada, num total de 24 metros de comprimento. O vão na outra direção é de 6 m. O comprimento da sala de BT, neste caso, varia consoante as necessidades, por exemplo, no caso de utilização da central MT GIS, a sala de BT tem no máximo 7,80 m disponíveis, enquanto no caso de utilização da central COMPACT, a sala BT tem um comprimento útil máximo de 6m.

7.5.6.1.2. SOLUÇÃO PADRÃO

A solução STANDARD é utilizada no caso de uma subestação elétrica com dois e três transformadores.

Seu uso depende do tipo de quadro de MT em uso, conforme definido na Tabela 36. É composto por 4 vãos de 7 metros cada, num total de 28 metros de comprimento. O vão na outra direção é de 10,5 m. O comprimento máximo disponível da sala BT é de 6,8m.

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.6.1.3. SOLUÇÃO PADRÃO+1

A solução STANDARD+1 é utilizada apenas no caso de uma subestação elétrica com três transformadores. É obtido adicionando 1 módulo de 7 m de comprimento à solução padrão, para um comprimento total de 35 m. As outras características são as mesmas da solução padrão.

A sua utilização está condicionada à utilização de quadros de MT do tipo AIS.

7.5.6.1.4. SOLUÇÃO ESTENDIDA

Em construção.

7.5.6.2. CRITÉRIOS FUNCIONAIS DAS SOLUÇÕES**7.5.6.2.1. NÍVEIS**

- Nível do quadrado (ou nível do solo): altitude 0m;
- Nível da calçada externa; +0,20m;
- Nível de piso de piso MT e BT: +1,50 m; altura útil da sala MT e BT: 3,80m;
- Nível do plano de suporte da cobertura: +5,30m;
- Nível de pisoteio da sub-central: -0,80 m; sub-quadro de altura útil igual a 2m;

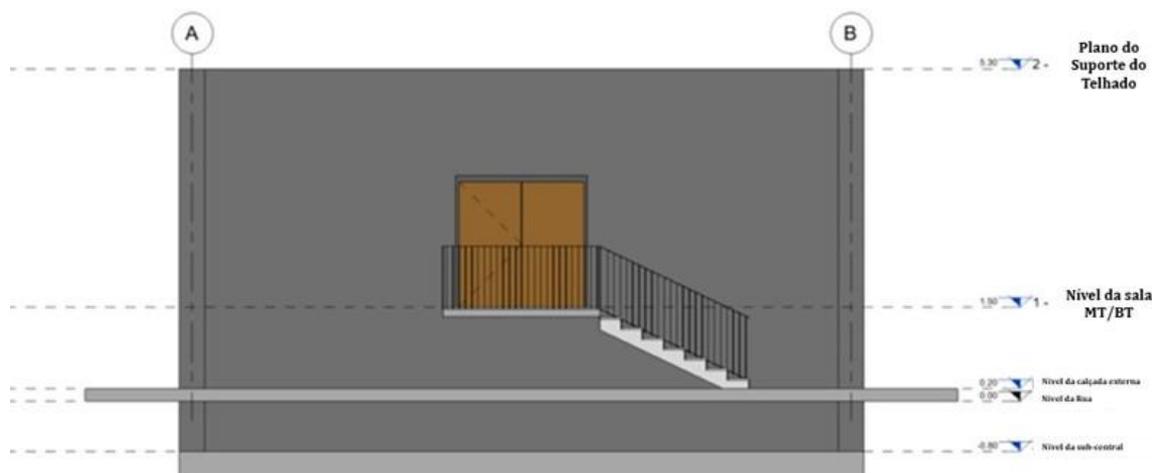


Figura 111 - Foco nos níveis do prédio em alvenaria da subestação

7.5.6.2.2. PRINCIPAIS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAM AS SOLUÇÕES

Os principais elementos que caracterizam a solução construtiva são resumidos nos seguintes pontos:

- Sub-quadro com altura útil de 2 metros, piso inferior a uma altura de -0,80 m em relação ao nível do solo (nível do quadrado). No seu interior deverá ser construída uma estrutura metálica de carpintaria, cujo extradorso representa a superfície de passagem (+1,50 m) da sala de MT feita com grades metálicas.
- Esta estrutura deverá suportar a carga dos compartimentos de MT também na sua movimentação;

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

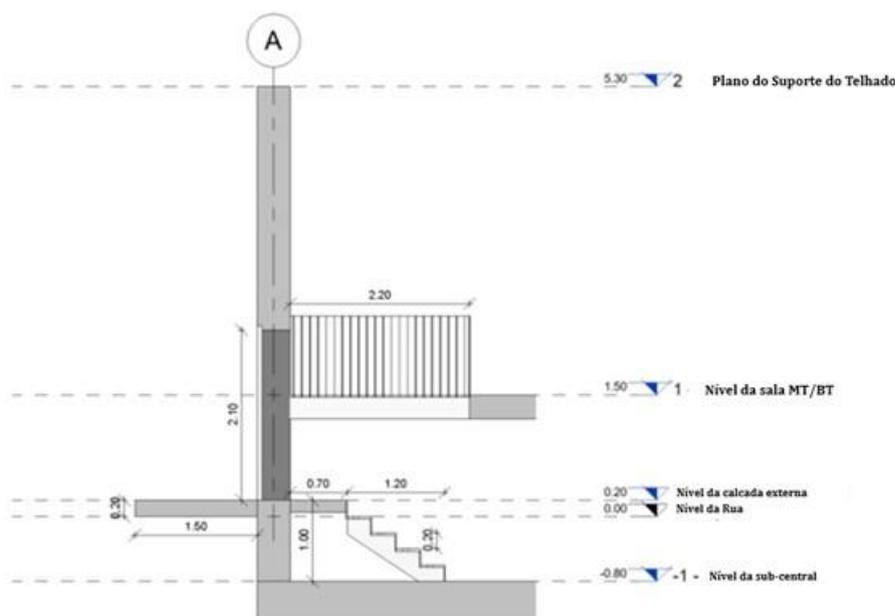
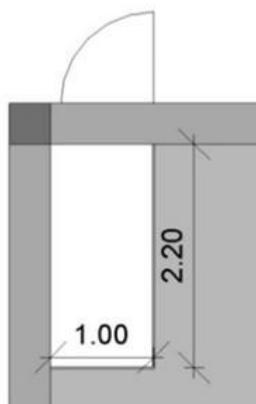
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Sala BT localizada no mesmo andar da sala MT e comunicando com esta através de uma abertura com largura mínima de 1,30 m (geralmente fixada em 1,50 m);
- Escada interna de acesso à sub-quadro central pela sala de BT (degrau 30 cm, espelho 17,70 cm, largura da rampa 1 m, desnível total da escada igual a 2,30 m);
- Escada interna de fuga da sub-quadro para o exterior (degrau 30 cm, espelho 20 cm, 5 degraus, portanto desnível total 1 m, do nível do subquadro ao nível do pavimento exterior). Para a construção desta escada é necessário um poço de tamanho adequado na sala de MT, de forma a ter a altura útil necessária para percorrer a escada com segurança;

**Figura 112** - Secção particular da escada de emergência da sub-central**Figura 113** - Dimensões em planta do poço

- Escadas externas de acesso ao edifício desde o nível do pavimento da calçada (+0,20 m em relação ao térreo) até o andar principal localizado a uma altura de 1,50 m em relação ao térreo (degrau 34 cm, espelho 16,25 cm, largura da rampa 1,30 m, desnível coberto de 1,30 m);

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

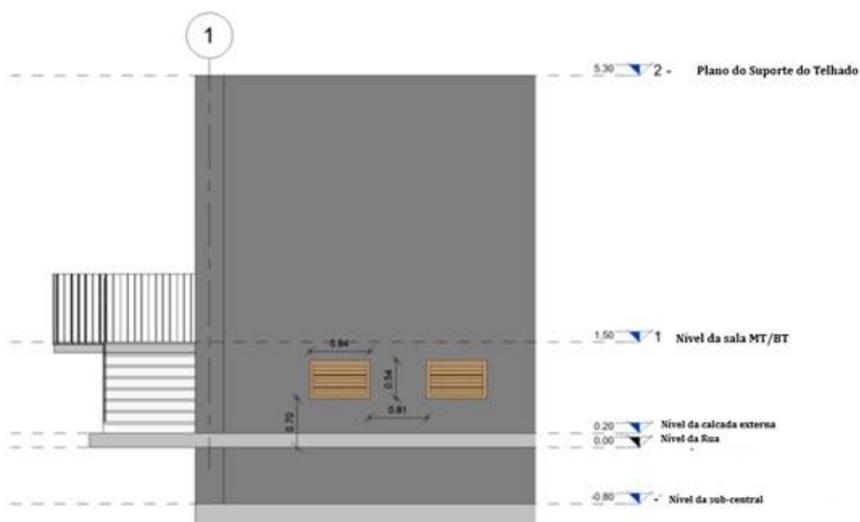
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

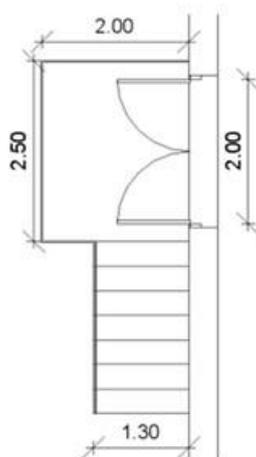
Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Aberturas de ventilação do subquadro: aberturas superiores no subquadro para permitir a sua ventilação cujo limite inferior é +0,70 m em relação ao nível do solo (para evitar infiltrações de águas pluviais ou provenientes de qualquer inundação de tirantes hidráulicos).


Figura 114 - Aberturas de ventilação do subquadro

- Calçada em todo o perímetro do edifício (espessura 15-20 cm) construída com balcão declividade tal que permita a correta retirada da água da chuva;
- Portas principais de acesso, ou seja, porta de acesso à sala MT e porta de acesso à sala BT, com 2 m de largura;
- Portas laterais (lado direito e lado esquerdo do prédio) com largura de 1,50 m;
- Desembarques de fácil acesso: 2,50 m de largura;


Figura 115 - Acessos principais às salas MT-BT



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

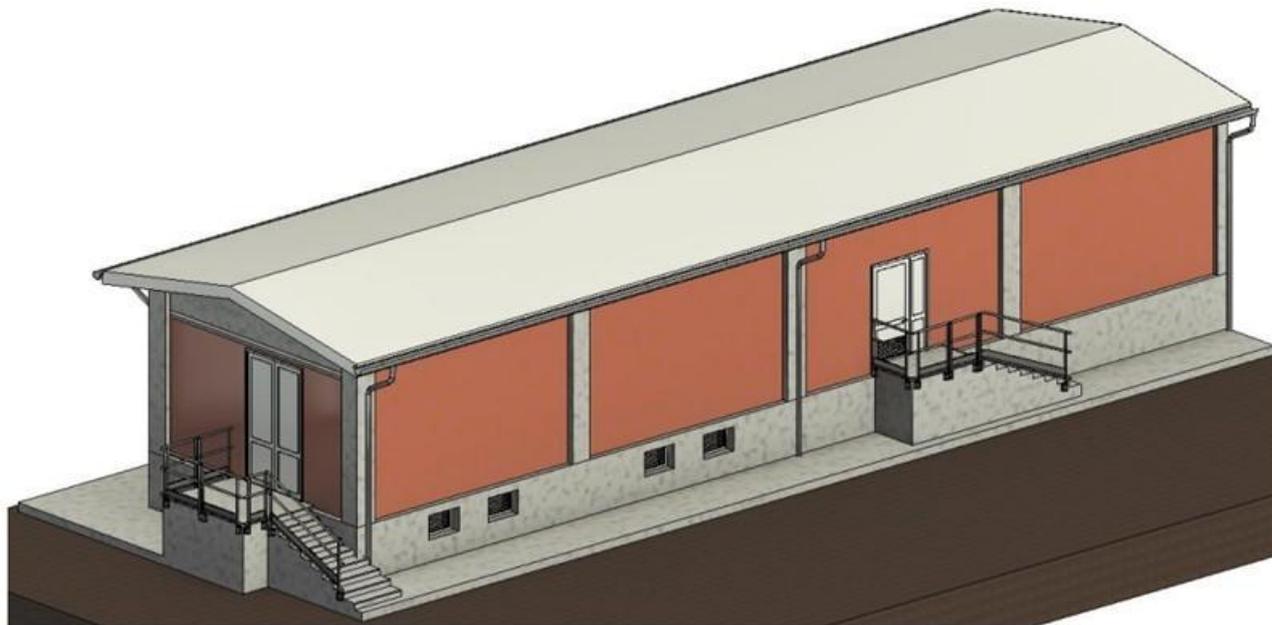


Figura 116 - Modelo 3D do Edifício de Controle da Subestação

A fundação pode ser moldada no local ou composta por módulos pré-fabricados. No caso de fundações moldadas em obra, é necessário prever a utilização de pontos de ligação especiais que garantam a fixação dos pilares se a superestrutura for construída com elementos pré-fabricados (portanto no caso de estrutura mista: betão armado e pré-esforçado concreto reforçado).

A base do edifício será preparada com aberturas adequadas para permitir a passagem de cabos de MT e BT, dutos de drenagem e qualquer outra utilidade. As aberturas serão realizadas com trechos de tubo de PVC, tubo corrugado ou dutos embutidos no concreto.

A estrutura principal será composta principalmente por elementos pré-moldados de concreto protendido e, quando necessário, elementos de concreto armado moldados in loco. A utilização de elementos pré-fabricados permite uma melhor gestão da modularidade necessária à conceção das soluções. A estrutura do edifício é, portanto, projetada com elementos em concreto pré-fabricado, como pilares, vigas transversais de duas águas para o telhado e vigas longitudinais para o desenvolvimento do plano.

Os enchimentos verticais exteriores serão em painéis pré-fabricados aligeirados, convenientemente ligados aos pilares quer através de pilastras, quer através de outros tipos de juntas. A parede de separação da sala de switchgear também pode ser constituída por painéis pré-fabricados, desde o solo até ao intradorso da cobertura, seguindo o seu perfil de duas águas.

A cobertura será construída com vigas de duas águas (cobertura de duas águas) e painéis pré-fabricados iluminados com isolamento de alta densidade. A cobertura deve ter uma inclinação mínima de 30° e permitir o correto escoamento das águas pluviais. A cobertura deverá constituir um corpo único com a estrutura do edifício, pelo que deverá estar convenientemente ancorada à estrutura. A cobertura deve ser protegida por um revestimento impermeável adequado. A inclinação do telhado deve ter um gotejamento de perímetro completo.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.5.6.3. ARQUITETURA

Para subestações com capacidade de corrente até 1.600 A e tensão de MT até 24 kV devem ser utilizados containers. Devem ser parte integrante do container:

- Seção de MT, com barramentos e equipamentos de interrupção;
- Sistema de serviços auxiliares;
- Sistema de comunicação, controle, proteção, medição e automação;

Para subestações com capacidade de corrente acima de 1.600 A e tensão de MT até 24 kV, devem ser utilizadas edificações pré-fabricadas ou em alvenaria. A edificação deve ser projetada de modo a abrigar o Switchgear de Média Tensão, Retificadores, Painel CA/CC, Banco de Baterias, Sistema de Supervisão, Controle e Proteção da SED.

Toda subestação deve ser provida de banheiro.

Na execução do projeto das canaletas e fosso para passagem de cabos devem ser observadas as características dos cabos de potência como a curvatura para definir as suas dimensões. O raio de curvatura para os cabos de potência de 12/20 kV deve ser de, no mínimo, 12 vezes o diâmetro externo nominal do cabo, conforme a ABNT NBR 9511.

O projeto deve definir o tipo de alvenaria, vedação e/ou elemento estrutural, espessura das paredes, tipo de tijolo e argamassa de assentamento. Se estrutural, deve ser projetada para absorver os esforços permanentes e acidentais.

Devem ser detalhados os procedimentos utilizados na união das paredes com os elementos de concreto, de modo a garantir o perfeito travamento entre a alvenaria e as estruturas.

Não devem ser projetados panos inteiros, de alvenaria, com dimensões superiores a 4 metros de comprimento e 3 metros de altura. Os panos inteiros dimensionados com os limites indicados devem ter tratamento estrutural especial.

Onde o projeto contemplar elementos vazados, de concreto, para a ventilação dos ambientes, o mesmo deve detalhar o tipo de elemento vazado, tamanho dos painéis, argamassa de assentamento, juntas de dilatação, tipo de rejuntamento.

No caso da utilização de elementos vazados em panos com mais de 6 m de altura e 14 m² de área, deve ser detalhado o reforço com vergalhões de ferro.

Projetar cobertura da edificação utilizando telhas de fibro-cimento, sem amianto, do tipo canaleta 49, fixadas em estruturas de madeira. O projeto deve definir o tamanho da telha, o material do madeiramento, dimensões e espaçamentos empregados e os acessórios para permitir ventilação e evitar a entrada de insetos sob o telhado. Como opção, podem ser utilizadas telhas autoportantes e com revestimento térmico.

Sempre que possível, é recomendável a utilização de telhas inteiras.

As peças de madeira terminais devem possuir dimensões e acabamento que satisfaçam a solicitação mecânica e o efeito estético.

Na impossibilidade de utilização desta telha, deve ser apresentada outra alternativa a ser aprovada pela Distribuidora.

Projetar e dimensionar o local de instalação para o ar-condicionado, com tamanho compatível com o aparelho a ser instalado avaliando o posicionamento para que não venha a causar riscos a outros equipamentos.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Projetar um sistema de drenagem das caixas, embutido, com escoamento para o ponto de drenagem mais próximo.

O projeto de arquitetura deve definir, ainda:

- Os tipos de revestimento e de pavimentação a serem aplicados, indicando traço e espessura das argamassas a serem empregadas, tipo de material a ser utilizado, espessura das juntas, material de rejuntamento, etc.;
- A espessura e traço do piso morto, levando em consideração o tipo de terreno e a sobrecarga prevista;
- O tipo de impermeabilização a ser utilizada;
- O tipo de acabamento entre o piso e as paredes;
- A declividade na direção dos ralos;
- O tipo de soleira a ser empregada, material, largura e espessura;
- Tipo de pintura, como material, cor, quantidade de demãos a serem aplicadas, etc.;
- Tipo e dimensão das esquadrias, seguindo a orientação da área responsável pela elaboração dos projetos de SED.

7.5.6.4. URBANIZAÇÃO E PAISAGISMO

Os projetos executivos que farão parte da urbanização da área (fechamentos, portões de acessos, escadas de acessos etc.) devem obedecer a critérios e fatores elétricos, segurança operacional, proporcionando uma harmonização das instalações com o meio ambiente. Os portões, muros e fachadas devem ser conforme os padrões. No caso de aplicação de portão de acesso de correr, deve ser previsto a instalação de sistema motriz para sua abertura.

7.5.6.5. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

O projeto das instalações elétricas de BT deve ser elaborado de acordo com a ABNT NBR 5410.

O projeto deve ser desenvolvido utilizando as instalações do tipo embutida para casa de comando em alvenaria e do tipo aparente para os container e instalações pré-fabricadas. Devem ser apresentados os detalhes da instalação e interligação com os demais ambientes.

Deve ser incluído na instalação da edificação em alvenaria/container iluminação de emergência, conforme especificação técnica 2085 Luminária Autônoma de Emergência (PM Br 651.08.0).

Deve ser apresentado também no projeto:

- Bitola, tipo de isolamento, tensão de isolamento, cores dos condutores de alimentação e distribuição;
- Bitola, tipo e marca dos eletrodutos e acessórios;
- Tipo, forma, tamanho e marca das caixas de passagem e derivação;
- Tipo e marca das luminárias e lâmpadas;
- Tipo, marca, modelo e cor das tomadas, interruptores, tampas cegas, campainhas, etc.;
- Tipo e marca dos disjuntores para proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos;



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Tipo, tamanho e marca do quadro de distribuição;
- Uma tomada de piso para telefone;
- Uma tomada de piso para energia elétrica;
- Uma caixa de passagem em alvenaria.

Para o sistema automático, deve ser instalada uma unidade de tempo programável. O acionamento manual deve ficar na parede externa à sala, próximo à porta de acesso.

Deve ser projetado um sistema automatizado de condicionamento de ar para o container/sala de comando e o mesmo deve monitorar e enviar alarmes de: Temperatura, Umidade, Porta Aberta, Falta de Potencial, etc.

No dimensionamento deve ser considerada a temperatura máxima ambiente e a configuração final dos equipamentos na sala de comando. Este sistema deve ser composto de, no mínimo, duas unidades refrigeradoras projetadas para manter a temperatura interna em 25°C.

7.5.6.5.1. ILUMINAÇÃO

O projeto de iluminação de áreas externas deve contemplar, no mínimo, as seguintes condições:

- Iluminação noturna comum controlada pelo crepúsculo;
- Iluminação extraordinária controlada manualmente durante o trabalho noturno;
- Iluminação extraordinária no alarme do sistema de proteção contra atos maliciosos.

A iluminação externa da subestação é realizada com postes de alta e/ou baixa inclinação conforme MAT-PMCB-EeA-21-2015-EDBR (PM-Br 651.06.0). Este tipo de poste permite qualquer operação de manutenção nos projetores diretamente do chão sem trabalhos em altura, com tempos de intervenção mais curtos e sem a necessidade de colocar as peças fora de serviço das instalações.

Os suportes devem ser de aço galvanizado a quente ou fibra de vidro (para avaliar onde o poste está fora da malha do sistema de aterramento ou em outros casos especiais).

Em condições normais, ou seja, com o poste na vertical, a parte móvel fica rigidamente travada na parte fixa, garantindo a segurança da estrutura em condições de carga.

Ao utilizar este tipo de poste, deve-se sempre verificar se não existem obstáculos, presentes ou futuros no percurso de rotação.

O suporte deve prever o espaço adequado para conectar os condutores provenientes dos projetores com os cabos de alimentação do painel de Serviços Auxiliares com terminais para ligação elétrica a uma altura máxima de 1,5 m do solo.

Os tipos de bastões a serem utilizados são mostrados abaixo:

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids



Figura 117 - Tipos de postes para iluminação

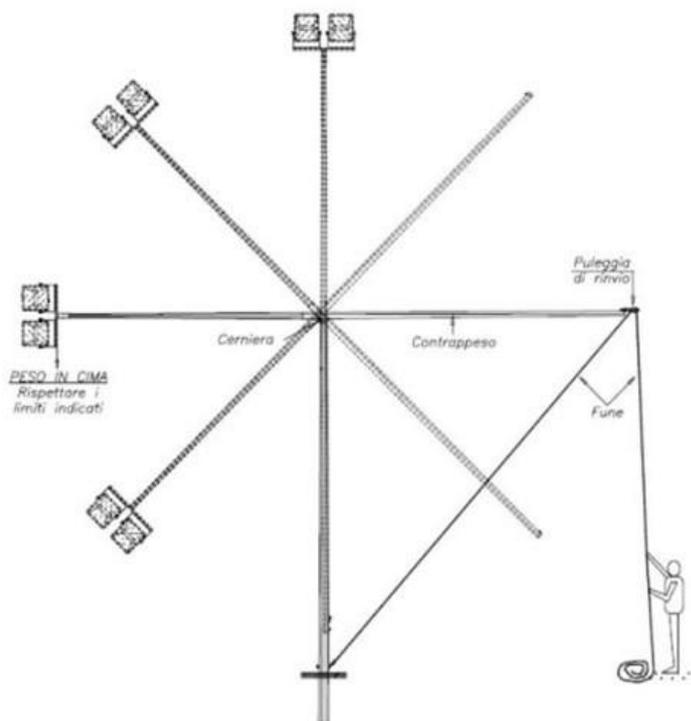


Figura 118 - Movimento do bastão basculante

7.5.6.5.1.1. LUZES DE LED

É prescrita a utilização de lâmpadas de tecnologia LED (em alguns contextos também obrigatórias por lei) com as seguintes características:



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Fluxo regulável: os projetores com estes requisitos proporcionam uma iluminância geral mais homogênea, pois permitem a diminuição do fluxo (por exemplo, baixando todos para 20-30%) em vez do desligamento completo de alguns dos projetores, e em caso de intervenção ou alarme noturno, ligá-los à potência máxima;
- Possibilidade de ajustar a inclinação;
- Possibilidade de gerenciamento local e remoto;
- Garantia de luz uniforme e áreas sem sombra;
- Nenhuma dispersão do fluxo luminoso ao longo do horizonte para evitar a poluição luminosa;

Nota: Deve ser gerado um estudo luminotécnico com ART comprovando a eficiência da iluminação interna, externa e de emergência.

7.5.6.6. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS

Toda subestação deve ser provida de banheiro.

O projeto deve ser executado considerando a ligação das instalações da subestação com a rede pública de abastecimento de água e esgoto atendendo as exigências da concessionária local.

Na ausência da rede pública, deve ser projetado um sistema de abastecimento de água e esgoto, convenientemente dimensionado para atender as necessidades da subestação. Devem ser deixadas todas as facilidades para uma futura interligação à rede de abastecimento local.

O projeto deve definir o tipo de tubulação, conexões, louças e metais sanitários, elementos de inspeção, tamanho dos reservatórios e acessórios.

Deve ser projetado um registro geral para cada ambiente atendido pelo projeto.

A instalação de esgoto deve ser dotada de todos os elementos de inspeção necessários.

O itinerário das tubulações subterrâneas deve ser definido de modo a evitar a aproximação com eletrodutos de cabos de controle.

7.5.6.7. INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS

O projeto deve contemplar a instalação de edificações para escritórios, almoxarifados e toda a infra-estrutura necessária a perfeita execução da obra.

O projeto deve conter: a locação da casa de apoio (barracão); instalações provisórias de água, esgoto, energia elétrica; ponto de rede para internet, principalmente para instalação de CFTV provisório (projeto específico); vias de acesso e circulação interna; drenagem provisória adequada para área.

O barracão (ou container, se aprovado pela Engenharia) deve ser dimensionado para abrigar o escritório da fiscalização, sanitário exclusivo da fiscalização, escritório e sanitário da administração da obra. O projeto do barracão deve ser construído conforme desenho fornecido pela unidade responsável pelos projetos de SED.

O projeto deve conter, ainda, a relação dos móveis e equipamentos de escritório, que devem ser colocados, no escritório, durante a execução da obra, a fim de permitir a completa realização das atividades.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Além das instalações hidrossanitárias do barracão, deve ser construído um conjunto de instalações para um grupo de 20 (vinte) trabalhadores, cada conjunto de instalações será constituído de lavatório, vaso sanitário, mictório e chuveiro, conforme NR-18.

O projeto de instalação elétrica deve ser dimensionado de forma a atender todo o canteiro de obras e ter previsão de iluminação para realização de trabalhos noturnos, quando necessário.

7.5.6.8. DEMAIS INSTALAÇÕES

Deve ser previsto no projeto de telecomunicações, a instalação de um poste de concreto de 1500 daN / 23m para instalação da antena de comunicação. Na impossibilidade de utilização deste, projetar outro tipo de estrutura determinada pelo setor responsável, pela área de telecomunicações da Distribuidora.

O sistema de telecom deve ser aprovado pela área de GDS/Telecom.

Prever no projeto instalação de linha telefônica nos padrões exigidos pela concessionária local.

Deve ser previsto projeto completo de CFTV interno (casa) e externo (pátio).

Devem ser previstos pontos para sensores de fumaça e de presença, um ponto, acima da cobertura da casa de comando, para instalação do GPS. Estas instalações devem ser derivadas da canaleta em eletrodutos individuais.

Deve ser definido no projeto a distância entre a borda inferior das caixas, para tomadas, interruptores, sensores e ar-condicionados em relação ao piso acabado.

A subestação deve ser murada.

O projeto de combate a incêndio do pátio e da casa de comando/container deve ser aprovado junto ao Corpo de Bombeiros.

7.5.6.9. BASES E FUNDAÇÕES PARA POSTES

Nos projetos das bases para equipamentos e estruturas metálicas e das fundações para postes devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes dos equipamentos e as cargas a serem instaladas.

O nível superior das bases dos equipamentos deve ficar 10 cm acima do nível da brita.

Para o engastamento dos postes de concreto deve ser dimensionada uma camada de concreto de resistência característica à compressão do concreto - fck igual a 15 Mpa, com dimensões mínimas de 80cm x 80cm x 10cm no fundo da cava e, para dar acabamento à cava do poste, no nível da terraplanagem.

7.5.6.10. CAIXAS, ELETRODUTOS E CANALESTAS

Deve ser projetada uma rede de eletrodutos de controle. No dimensionamento da rede de eletrodutos deve ser considerada a configuração final da subestação.

No acesso interno da subestação e nos trechos dos pátios onde houver circulação de veículos, os eletrodutos devem ter proteção mecânica compatível com as sobrecargas a que são submetidos.

O projeto deve definir as profundidades, em relação ao nível de terraplanagem, nas quais os eletrodutos devem ser enterrados.

O nível superior das tampas, das caixas de passagem e canaletas, deve ficar 10 cm acima do nível da brita.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Todas as caixas e canaletas devem ser drenadas e interligadas a rede de drenagem principal.

7.6. PROJETO ELETROMECAÂNICO

A disposição de uma subestação deve ser tal que um eventual incêndio de um transformador não afete a outros transformadores, equipamentos ou materiais submetidos ao risco de incêndio. Para isto se manterá uma distância de segurança adequada entre o transformador e esses elementos. A Tabela 37 indica os valores das distâncias mínimas de segurança entre os transformadores e equipamentos e a Tabela 38 indica os valores das distâncias mínimas de segurança entre transformadores e edificações resistentes ao fogo por 2 horas.

Tabela 37 - Distâncias mínimas de segurança entre transformadores e equipamentos, conforme NBR 13231

Volume de líquido isolante – Óleo Mineral (L)	Distância de segurança (DS) (m)
< 2000	1,5
≥ 2000 e ≤ 20000	7,6
> 20000	15,2

Tabela 38 - Distâncias mínimas de segurança entre transformadores e edificações resistentes ao fogo por 2 horas, conforme NBR 13231

Volume de líquido isolante – Óleo Mineral (L)	Distância de segurança (DS) (m)
< 2000	1,5
≥ 2000 e ≤ 20000	4,6
> 20000	7,6

Caso as distâncias de segurança não sejam atendidas, devem ser projetadas paredes corta fogo conforme indicado no 7.5.4.7.

Para a avaliação e indicação dos equipamentos deve-se seguir as diretrizes indicadas no documento da ONS Critérios para análise de superação de equipamentos e instalações de alta tensão.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.6.1. ATERRAMENTO

O projeto e a verificação do sistema de aterramento devem ser realizados de acordo com a norma de referência EN 50522 e ou regulamentos locais, estaduais ou federais (Exemplo NR10 e NBR5419).

Todos os elementos constitutivos dos equipamentos devem ser aterrados e em conformidade com as normas da ABNT, a fim de:

- Assegurar a operação das proteções no caso de uma situação anômala, que pode causar perigo, tanto para as pessoas quanto para o sistema elétrico;
- Fornecer um caminho de fuga (geralmente de baixa impedância) para correntes de falha;
- Assegurar que as pessoas presentes nas proximidades das subestações não sejam expostas a um potencial inseguro, sob condições de regime permanente ou falha;
- Manter as tensões do sistema dentro de limites razoáveis em condições de falha (sejam atmosféricas, ondas de manobras ou contato com sistemas de alta tensão), para que não excedam as tensões de ruptura dielétrica do isolamento;
- Proporcionar uma plataforma equipotencial ou uma tensão de referência na qual o equipamento eletrônico possa operar;
- Evitar a presença de tensões perigosas nas estruturas;
- Dar maior confiabilidade e continuidade ao serviço elétrico;

Via de regra, na fase de projeto, o sistema de aterramento do sistema da subestação deve ser dimensionado sem considerar a contribuição das blindagens dos cabos de AT, dos cabos de proteção, dos cabos de saída de MT e blindagem dos cabos de MT no cálculo da impedância equivalente ZE permitindo a dispersão completa da corrente de falta AT do sistema de aterramento local.

Bueiros apropriados devem ser instalados no início dos eletrodos de aterramento profundo.

Para o dimensionamento da malha de aterramento, é utilizado o valor da corrente de falta à terra monofásica padrão das linhas de energia que levam à subestação (o valor mínimo a ser considerado é 20 kA - 1 segundo).

Uma vez que a disposição da cerca e o dimensionamento da malha de terra seguem critérios diferentes e podem ser modificados durante o projeto e a vida útil da instalação, considera-se que um isolamento elétrico da cerca metálica garante maior segurança, pois evita, sob quaisquer condições, o risco de transferência de potenciais perigosos. Portanto, a menos que o projetista decida de forma diferente devido a circunstâncias específicas do local e aceitas pela ENEL, a cerca metálica e o portão serão isolados eletricamente da rede de aterramento da cabine. Para reduzir os riscos de transferência potencial, sugere-se que a cerca seja construída separada eletricamente, incluindo reforço de concreto.

As conexões de aterramento dos cabos de proteção, bem como, quando presentes, as conexões de aterramento das blindagens de MT ou o aterramento dos equipamentos da planta, tanto em ambientes quanto ao ar livre, são todos pontos de acessibilidade da malha de aterramento para realizar inspeções, continuidade instrumental testes ou mesmo medições de tensão total de terra.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

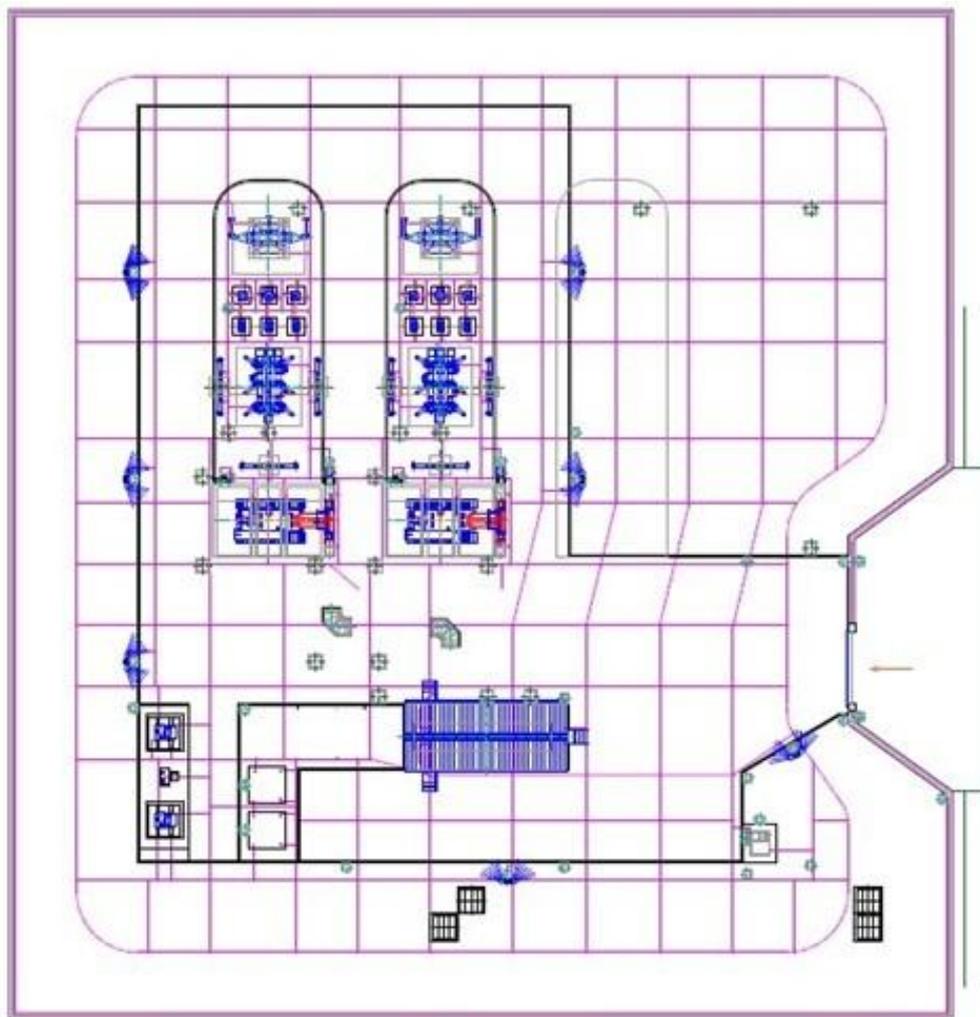
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

**Figura 119** - Malha de Terra

O equipamento e suas conexões com o sistema de aterramento devem ser totalmente instalados dentro do perímetro da malha de aterramento, a pelo menos 2 m de distância do perímetro da malha.

O sistema de aterramento considera uma separação de 6 m iguais e a utilização de um condutor de cobre de seção 63 mm² conforme especificação GSCC-028; as derivações do equipamento são feitas de cobre de 125 mm² conforme especificação GSCC-028 e por meio de 2 pontos de conexão.

A rede de terra será constituída por uma rede de malha quadrada constituída por um condutor nu enterrado a uma profundidade compreendida entre 50 cm e 100 cm à qual, se necessário, podem ser adicionados elétrodos de terra auxiliares, tais como espigões de profundidade ou outra rede a uma altura diferente. O condutor nu deve ser colocado em uma caixa de solo vegetal com seção transversal de 40 x 40 cm.

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

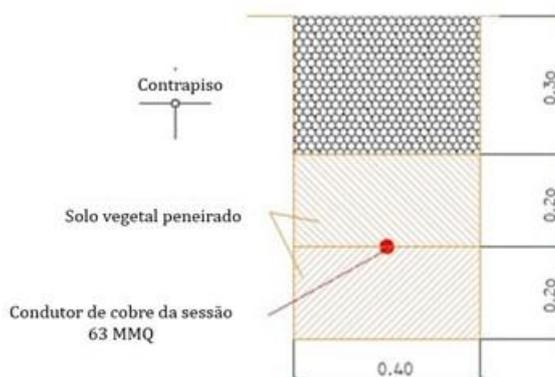
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

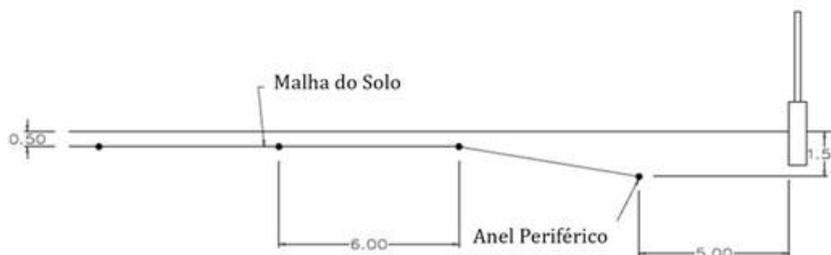
Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Seção Tipo Malha Principal Deitada**Figura 120** - Tipo de seção colocando malha principal

Em relação ao dimensionamento, considerar a malha de aterramento separada a uma distância de, no mínimo, 5m da cerca da subestação e o fechamento perimetral não deve estar conectado à rede de aterramento.

O anel de malha externo deve estar a uma profundidade maior do que o restante da malha de solo geral. Considera-se uma profundidade de 1,5m.

**Figura 121** - Perfil da malha de solo**7.6.1.1. JUNTAS ESPECIAIS PARA INTERRUPTÃO DE TELA**

Caso seja necessário limitar as correntes que circulam nas blindagens dos cabos de MT, para preservar as juntas e reduzir a probabilidade de falha, deve-se instalar uma junta de isolamento (GSCC004) nos cabos das linhas de MT saindo da subestação.

Nota: O Projeto de Malha de Terra e SPDA deve seguir todas as recomendações e diretrizes para segurança e evidências em auditorias e fiscalizações.

7.6.1.2. MEDIÇÃO DA RESISTIVIDADE DO SOLO

A medição da resistividade do solo deve ser feita logo após a terraplanagem, utilizando o método de Wenner, conforme norma ABNT NBR 7117.

Nota: Todos os equipamentos devem seguir as normas de calibragem, nos laudos devem conter os certificados e ART's dentro da validade.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.6.1.3. CÁLCULO DA MALHA DE TERRA

O cálculo da malha de terra deve ser realizado considerando a área definida para a instalação da malha de terra, os dados da resistividade do solo obtidos nas medições e o valor da corrente de curto-circuito previsto para um horizonte de planejamento de 10 anos, disponibilizado pela área de planejamento da Distribuidora.

A partir dos dados acima, o projetista deve elaborar um memorial de cálculo definindo o condutor, a quantidade de hastes e a configuração final da malha de terra, tomando como referência os valores definidos nos itens 7.6.1.4 a 7.6.1.10. Deve ser gerado um estudo comprovando o atendimento e após a construção deve realizar as medidas gerando o resultado final comprovando o atendimento as normas e legislações vigentes.

7.6.1.4. CONDUTOR DA MALHA DE TERRA

A malha de terra da subestação deve ser projetada utilizando o condutor, cabo de cobre nu, 70mm², têmpera meio-duro, 19 fios.

Vale salientar que um condutor de bitola superior deve ser utilizado, caso seja identificada essa necessidade nos cálculos da malha de terra.

Nota: Essa definição não isenta o projeto de realizar as memórias de cálculo comprovando o atendimento as normas.

7.6.1.5. CONDUTOR DE ATERRAMENTO DAS ESTRUTURAS E EQUIPAMENTOS

O condutor utilizado para aterramento das estruturas, equipamentos, portões e demais partes metálicas, deve ser o cabo de aço cobreado, 125mm² conforme Especificação Técnica de Material PM-Br 805.02.3.

Vale salientar que um condutor de bitola superior pode ser utilizado, caso seja identificada essa necessidade nos cálculos da malha de terra.

Nota: Essa definição não isenta o projeto de realizar as memórias de cálculo comprovando o atendimento as normas.

7.6.1.6. HASTES DE ATERRAMENTO

No projeto da malha de terra e demais aterramentos da subestação devem ser utilizada haste de aterramento de aço cobreado, 3000mm de comprimento, 17,30mm de diâmetro e camada de cobre 0,254mm.

As hastes de aterramento devem ser interligadas à malha de terra e distribuídas da seguinte forma:

- Uma haste para o aterramento do neutro do transformador de potência;
- Uma haste para aterramento do neutro do transformador de serviços auxiliares;
- Uma haste para aterramento de cada conjunto de para-raios;
- Três a quatro hastes nos ângulos agudos formado nos cantos da malha;
- Hastes em cada canto (quatro cantos) da casa de comando ou container.

A configuração final das hastes depende das condições específicas de cada projeto.

Para evitar que haja grande concentração de potencial nos cantos da malha, deve ser dado um formato aproximadamente elíptico ou arredondado à malha. Devem-se eliminar os possíveis caminhos de



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

transferência de potenciais perigosos da malha para as áreas circunvizinhas, tais como canos telefônicos, trilhos, etc.

7.6.1.7. PROFUNDIDADE DA MALHA

A malha reticulada deve ser instalada em uma profundidade mínima de 0,5 m para distribuir a corrente de falha de forma segura. A área de instalação dos equipamentos conectados à malha de terra pode ser coberta com pedra britada de tamanho uniforme, geralmente com uma profundidade de 10 cm e uma resistividade esperada entre 2500-3000 [Ω -m].

7.6.1.8. CONEXÕES

As conexões às hastes de aterramento, aos trilhos dos transformadores e à malha de terra devem ser feitas com solda exotérmica, enquanto as conexões nos equipamentos, estruturas e portões devem ser do tipo aparafusadas.

7.6.1.9. CAIXA DE INSPEÇÃO

Devem ser projetadas caixas de inspeção para medição da resistência do sistema de aterramento, localizadas entre o container / casa de comando e o pátio de AT, nas proximidades dos transformadores de potência.

7.6.1.10. TENSÃO DE TOQUE, TENSÃO DE PASSO E RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO

Na etapa de projeto devem ser calculadas as tensões de passo e toque admissíveis, conforme ABNT NBR 15751.

A medição da tensão de toque, da tensão de passo e da resistência de aterramento deve ser feita durante o comissionamento conforme ABNT NBR 15749.

7.6.1.11. ATERRAMENTO DE CERCAS E PORTÕES

As cercas transversais sob as linhas de AT e alimentadores de MT devem ser seccionadas e aterradas. O portão deve ser aterrado nos dois lados.

As cercas sobre os muros de fechamento da subestação, quando existente, devem ser seccionadas e aterradas.

7.6.2. SPDA E BLINDAGEM DAS ESTRUTURAS

O nível de proteção é determinado conforme ABNT NBR 5419-1-2-3, sendo considerado e adotado o NIVEL I, devido à natureza da instalação.

A proteção contra descargas atmosféricas diretas deve ser projetada por meio de hastes montadas sobre as estruturas, distribuídas de tal forma que o raio de proteção contemple toda aérea do pátio da subestação. O projeto do SPDA deve ser elaborado conforme ABNT NBR 5419 e a IEC 998.

Deve ser gerado um estudo comprovando o atendimento e após a construção deve realizar as medidas gerando o resultado final comprovando o atendimento as normas e legislações vigentes.

As hastes Franklin opcionais serão colocadas tanto no topo das torres quanto próximas aos equipamentos de maior valor: devem ser instaladas segundo o método das esferas rolantes, para proteger a subestação da incidência direta de raios.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

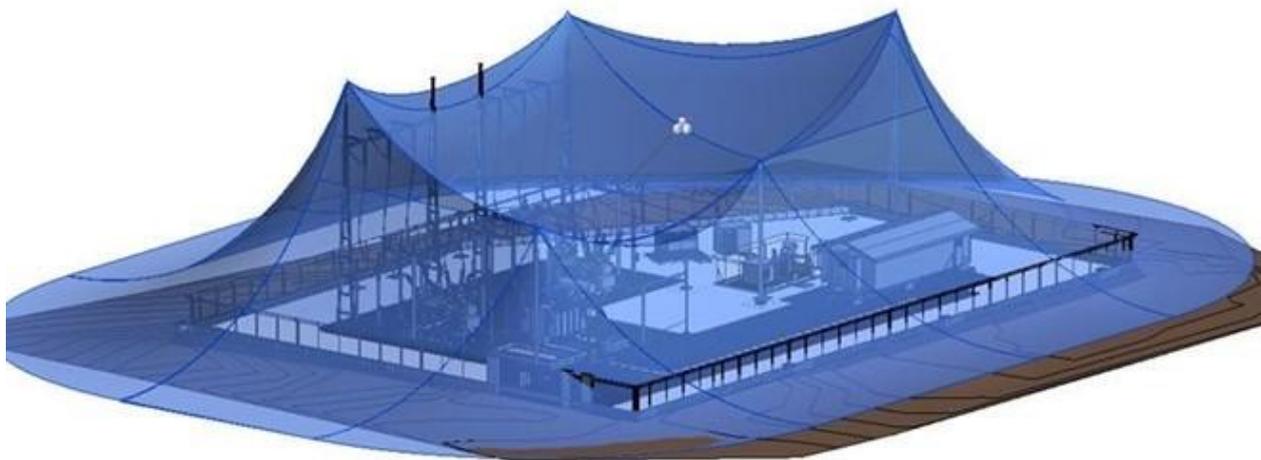


Figura 122 - Exemplo de área protegida pelo uso de hastes Franklin dentro da subestação

Nota: Todos os equipamentos devem seguir as normas de calibragem, nos laudos devem conter os certificados e ART's dentro da validade.

7.6.3. CAMPO ELÉTRICO E CAMPO MAGNÉTICO

As instalações devem seguir as normas e procedimentos conforme legislação Federal, Estadual e local, além da especificação interna.

A Resolução Normativa Aneel 616 de 01/07/2014 que altera a Resolução Normativa nº 398, de 23 de março de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.934, de 5 de maio de 2009, no que se refere aos limites à exposição humana a campos elétricos e magnéticos originários de instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, na frequência de 60 Hz, no seu Art. 8º-A, que as instalações desta Concessionária, que operam com tensão inferior a 138 kV, atendem ao Regulamento sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos e Magnéticos, não expondo a população a valores superiores aos limites de referência estabelecidos.

Deve ser gerado um estudo comprovando o atendimento e após a construção deve realizar as medidas gerando o resultado final comprovando o atendimento as normas e legislações vigentes.

Conforme regulamentação da ANEEL todos os documentos para tensões iguais ou acima de 138kV devem ser entregues ao órgão regulador.

Nota: Todos os equipamentos devem seguir as normas de calibragem, nos laudos devem conter os certificados e ART's dentro da validade.

7.6.4. NÍVEL DE RUÍDO

As instalações devem seguir as normas e procedimentos conforme legislação Federal, Estadual e Local.

Deve ser gerado um estudo comprovando o atendimento e após a construção deve realizar as medidas gerando o resultado final comprovando o atendimento as normas e legislações vigentes.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Nota: Todos os equipamentos devem seguir as normas de calibragem, nos laudos devem conter os certificados e ART's dentro da validade.

7.7. PROJETO ELÉTRICO

7.7.1. SISTEMA DE AUTOMAÇÃO

As subestações novas devem dispor de um Sistema de Proteção, Controle e Supervisão (SPCS), que apresentam as seguintes características principais:

- Sistema integrado realizando desde a aquisição de dados até o manuseio da informação;
- Sistema distribuído que permite suportar configurações ajustadas as necessidades;
- Sistema aberto a todo tipo de fabricante com possibilidade de incorporar novas funcionalidades;
- Sistema escalonável e modular que permita um crescimento de acordo com a evolução da instalação;
- Coleta dos dados através de Inteligente Electronic Device (IEDs);
- Comunicação e protocolos conforme sistemas da IEC 61850 e IEC 60870-5-104, com a utilização de IEDs e unidades de controle instalados no container, sala de comando ou sala de blindadas;
- Sobredimensionamento da capacidade de processamento, para permitir um crescimento funcional e de hardware sem degradação do comportamento;
- Sincronização horária por GPS (Global Positioning System);
- Possibilidade de implementar distintos protocolos de comunicação internamente e com o Controle/Operação do Sistema (COS);
- Utilização de fibra óptica ou cabo de rede blindado como meio de comunicação;
- Parametrização e consulta local e a distância (função de teleacesso);
- Incorporação do registrador cronológico de eventos no próprio sistema;
- Oscilografia incluída nos próprios relés de proteção;
- Telecomando e capacidade para incorporar novos automatismos;
- Funções de proteção e controle totalmente independentes;
- Capacidade de ser modificado ou mantido sem necessidade de sair fora de serviço;
- Simplicidade de operação, de forma que o pessoal sem conhecimento de computação possa operá-lo;
- O sistema deve dispor de recursos eficientes, de modo que toda a informação relevante não seja perdida em caso de falta da fonte de energia.

A arquitetura IEC 61850 será a referência para o desenvolvimento dos sistemas de proteção e controle. No entanto, atualmente nem todos os dispositivos de proteção e controle estão em conformidade com esta norma no Grupo Enel; por esse motivo, as soluções híbridas podem ser usadas durante um processo de transição, aguardando a definição e o desenvolvimento de elementos e componentes de acordo com a norma IEC.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

O uso do perfil de comunicação da IEC 61850 permite alcançar a interoperabilidade entre os vários dispositivos (IEDs) instalados na subestação.

O SPCS deve possuir, conforme IEC 61850, uma arquitetura funcional com os seguintes níveis:

- Nível 0: nível equipamento;
- Nível 1: nível de posição (vão);
- Nível 2: nível de subestação;
- Nível 3: nível de SCADA do Controle/Operação do Sistema (COS).

No nível 0, o comando do equipamento se faz em modo Local com os dispositivos de comando disponíveis nos gabinetes de comando de cada equipamento primário (disjuntor, seccionador, transformador). Neste nível a seleção de operação em modo Local ou Remoto se realiza com chaves seletoras próprias de cada equipamento. A seleção do local nesse nível bloqueia todos os níveis superiores.

No nível 1, o sistema contempla a instalação de IED, uma por vão. As IEDs devem basear-se em tecnologia de microprocessador com operação em tempo real. As IEDs devem contemplar todas as funções relativas a operação de equipamentos de uma posição, tais como comandos de abrir-fechar, intertravamentos (interlocking), aquisição de dados, etc. Neste nível, a seleção de operação em modo IED ou em modo SISTEMA se realiza com um seletor "IED/SISTEMA" que deve fazer parte do IED.

O Nível 2 deve cumprir as funções de controlar e monitorar todos os componentes da subestação, e realizar a comunicação local com o Nível 1 e remota com o Nível 3. O Nível 2 deve ser composto de, no mínimo, os seguintes componentes e subsistemas:

- Unidade de Controle da Subestação (UCS);
- Microcomputador realizando a função de Interface Homem Máquina (IHM), com teclado e mouse com fio, monitor de 19 polegadas e GPS;
- Rede local.

O controle realizado em forma Local na subestação deve ser a partir da IHM, ao estar o SPCS no modo SED (Subestação). Para operar a partir desse nível, os seletores "Local-Remoto" de cada equipamento devem estar em "Remoto", e o seletor "IED-SISTEMA" da IED deve estar em modo "SISTEMA".

O Nível 3: Neste nível o controle se realiza remotamente, a partir do COS (SCADA). Neste caso o SPCS deve estar no modo COS. O Fornecedor deve implementar os níveis 1 e 2, e garantir uma perfeita integração destes com os Níveis 0 e 3.

O Sistema permite três modos de funcionamento:

- Modo de Observação: Este modo deve permitir a visualização de diagramas unifilares, medidas, estado de equipamentos, alarmes e recuperação de eventos. Neste modo, mediante senha de acesso, deve ser possível acessar o programa de comunicação com as proteções;
- Modo de Operação: Este modo deve permitir que o operador possa realizar todas as funções inerentes a operação do sistema elétrico: comando de equipamentos; visualização de medidas; visualização e reconhecimento de alarmes e eventos; habilitação e desabilitação de automatismo; visualização e recuperação de registros e impressão de relatórios;

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- **Modo de Administração:** Neste modo o SPCS estará configurado de forma que o administrador possa realizar as seguintes funções: construção de novas telas gráficas; manutenção no SPCS; apoio do sistema; desenvolvimento de novas aplicações de automatismo; troca de parametrização; configuração de base de dados; criação de símbolos; definição de relatórios diversos; desenvolvimento de programas de aplicação.

No entanto, atualmente nem todos os dispositivos de proteção e controle estão em conformidade com esta norma no Grupo Enel; por esse motivo, as soluções híbridas podem ser usadas durante um processo de transição, aguardando a definição e o desenvolvimento de elementos e componentes de acordo com a norma IEC.

Os níveis são realizados por meio de dois barramentos de interconexão, barramento da estação e de processo: o barramento da estação interconecta todos os compartimentos com o nível de supervisão da estação e carrega informações de controle como medição, intertravamento e operações. O barramento de processo interconecta IEDs dentro de compartimentos que realizam medições em tempo real para dispositivos de proteção e controle.

A Figura 123 mostra os conceitos sobre os níveis no sistema de proteção e controle da subestação de acordo com a IEC 61850:

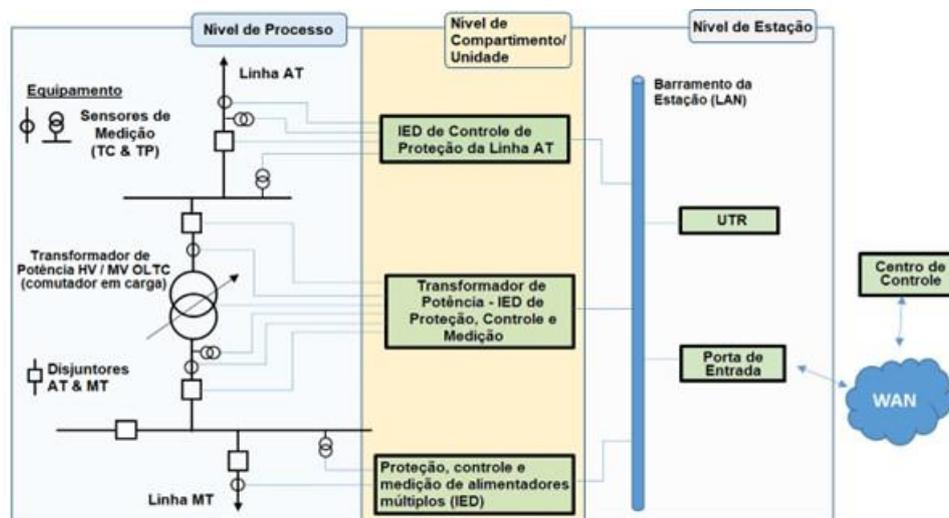


Figura 123 - Configuração do Sistema de Proteção e Controle de Subestações

O SPCS deve considerar a instalação de sistema de Teleproteção. O mesmo será executado através de conexão relé-a-relé via OPGW ou link de rádio.

Caso o relé de proteção do terminal remoto associado a este empreendimento seja incompatível, o mesmo deve ser substituído por um adequado. Os serviços associados devem estar incluídos no fornecimento.

7.7.1.1. CRITÉRIOS DE SUPERVISÃO E CONTROLE AT E MT

a) Religamento automático

Os relés de proteção das saídas de AT e MT devem ter a função de religamento. O relé deve permitir habilitar/desabilitar esta função por telecontrole.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

O religamento automático somente deve ser iniciado por ação da proteção e após a confirmação da abertura efetiva do disjuntor, constituindo-se na ação do fechamento automático do disjuntor, após decorrido o tempo morto pré-ajustado e sujeito a intertravamentos para efetivação do mesmo.

Deve ser dotado de rotina operacional programável local e remotamente para as seguintes condições:

- Religamento fora de serviço;
- Religamento em serviço;

Deve ser possível executar ciclos de religamento com faixas de ajuste de tempo. O relé deve permitir ajustar o tempo "morto" de qualquer ciclo de forma independente. Após a realização do(s) ciclo(s) de religamento(s) programado(s), o religador deve acionar um temporizador de reset ajustado de 5s a 60s dentro do qual o religamento não mais será executado.

As configurações dos modos de religamento, valores dos tempos mortos e forma de operação do religamento, devem ser realizadas através do nível 1, 2 ou 3.

O religamento deve ser bloqueado sempre que houver defeito no disjuntor, como por exemplo, baixa pressão do gás SF₆, etc., como também na atuação de proteções que sejam impeditivas a reenergização da linha ou do alimentador, como por exemplo, falha no disjuntor. É necessário o bloqueio do comutador do transformador em falhas na rede de média tensão. Essa proteção situa-se na casa de comando.

O religamento deve ser bloqueado também quando o disjuntor for aberto manualmente pelo operador, após o tempo ajustado, nas energizações de linhas com ou sem defeito presente.

Um contador nos dispositivos deve ser previsto para o registro do número de religamentos efetuados.

b) Falta Geral

O SPCS deve dispor de um automatismo que em caso de falta geral pode, a critério da área de operação da Enel, comandar a abertura automática de todos os equipamentos de disjunção dos alimentadores e banco de capacitores.

Este automatismo deve ser implementado através da função de subtensão (27) existente nos IEDs de alimentadores e bancos de capacitores. A função de subtensão (27) somente deve ser ativada após o SPCS verificar e confirmar a existência de uma falta geral na média tensão da subestação.

A função de subtensão (27) somente deve ser ativada se for confirmada a falta de sinal de tensão alternada no secundário do Transformador de Potencial do barramento de 15 kV e a falta de sinal de corrente no secundário do Transformador de Corrente da entrada do barramento de 15 kV.

Esta lógica deve levar em consideração a configuração com barra aberta e barra fechada. Ver Figura 124.

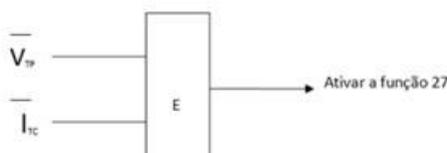


Figura 124 - Configuração com barra aberta e barra fechada

c) Reposição do Sistema

O SPCS deve dispor de um automatismo para reposição do sistema elétrico da subestação com escalonamento temporal, de modo automático ou manual, a critério do órgão de operação da Enel.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Este automatismo deve ser configurável pelo usuário. Deve ser executado atendendo os seguintes passos:

- Preparar a posição do comutador de TAP dos transformadores antes do início da reposição das cargas;
- Após a entrada de cada carga, o SPCS deve verificar o nível de tensão no barramento de 15 kV. Caso o SPCS verifique que a tensão no barramento esteja inferior ao valor de referência pré-estabelecido, o SPCS deve comandar a entrada de um Banco de Capacitores.

d) Alívio de Carga

O SPCS deve prevê esquemas de alívio de carga, de forma a propiciar o corte de alimentadores, conforme o escalonamento definido pela operação. O automatismo deve ter a flexibilidade para funcionar tanto para barra aberta como para barra fechada:

- Mínimo/máximo de tensão;
- Mínimo frequência;
- Através da monitoração das correntes de pick-up das proteções de barra.

e) Controle para Banco de Capacitores

O fornecedor deve implementar um automatismo para controle de banco de capacitores com, no mínimo, as seguintes características:

- Disponibilizar recursos para comandar até quatro bancos de capacitores por barra;
- Permitir habilitação em modo automático ou manual;
- Permitir realização de automatismo através de concentrador (Scada local);
- Ser configurável;
- Permitir habilitar ou desabilitar qualquer dos bancos de capacitores de forma independente;
- Dispor de portas de comunicação suficientes para controlar, aquiritar e parametrizar local e remotamente;
- Permitir programação da sequência de operação de Entrada/Saída de bancos de capacitores, conforme exemplos abaixo:
 - 1234: todos os capacitores com o mesmo valor e a entrada da esquerda para direita;
 - 4321: todos os capacitores com o mesmo valor e a entrada da direita para esquerda;
 - 1111: todos os capacitores com o mesmo valor e a entrada é ordenada pelo número de comutação de cada estágio. O Capacitor que menos sofreu comutação deve ser o próximo a ser ligado ou desligado;
 - *: outras sequências para os casos de Bancos de Capacitores de potência diferentes conectados a uma mesma barra;
- Configuração da potência dos bancos de capacitores: Faixa de Variação – 0 a 10,8 MVAR;
- Disponibilizar os registros das operações de cada Banco de Capacitores, de forma a permitir identificar o número de comutações de cada Bancos de Capacitores e zerar as comutações, quando desejado;



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Permitir selecionar a conexão e as relações de transformação dos Transformadores de Potencial;
- Permitir selecionar as relações de transformação dos Transformadores de Corrente;
- Possuir entrada de bloqueio de operação no caso de atuação da proteção dos bancos de capacitores;
- Permitir controlar o banco de capacitores por:
 - Tensão;
 - Fator de potência;
 - Potência reativa;
 - Tempo.

f) Controle por Tensão

A Unidade de Controle do banco de capacitores deve disponibilizar os seguintes valores para parametrização do controle por tensão:

- Faixa de Variação: 0,9275 pu a 1,0871pu; degrau de 0,0007pu em 0,0007pu;
- Tensão de Entrada de Bancos: Valor de tensão parametrizável conforme faixa de variação a cima. Valores de tensão iguais ou inferiores a este valor forçam a entrada de Bancos;
- Tempo de Entrada: Faixa de Variação: 0,0 a 180,0 seg; degrau de 1 em 1 seg;
- Tensão de Saída de Bancos: Valor de tensão parametrizável conforme faixa de variação a cima. Valores de tensão iguais ou superiores a este valor forçam a saída de Bancos;
- Tempo de Saída: Faixa de Variação: 0,0 a 180,0 seg; degrau de 1 em 1 seg.

OFFSET de Tensão: Valores de Tensão medidos menores que o limite de Tensão superior ou inferior acrescido do offset, força a entrada ou saída dos Bancos – Faixa de Variação: 0 a 0,0735 pu, degrau de 0,0007pu em 0,0007 pu.

Nota: Este parâmetro relaciona-se ao Controle por Tempo.

g) Controle por Fator de Potência

A Unidade de Controle do banco de capacitores para o Controle por Fator de Potência deve disponibilizar os seguintes valores para parametrização:

- Faixa de Variação: 0,85 a 1,00 IND e 0,85 a 1,00 CAP; degrau de 0,01IND em 0,01IND.
- Limite Inferior do Fator de Potência: corresponde a faixa inferior do FP programado. Valores de FP abaixo deste valor forçam a entrada de Bancos.
- Limite Superior do Fator de Potência: corresponde a faixa superior do FP programado. Valores de FP acima deste valor forçam a saída de Bancos.
- * Restrição: o Controle por Tensão inferior e superior devem estar presentes.

h) Controle por Potência Reativa

A Unidade de Controle do banco de capacitores deve disponibilizar os seguintes valores para parametrização do controle por potência reativa:

- Faixa de Variação: 0 a 10,8 MVAR;



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- * Restrição: O Controle por Tensão inferior e superior devem estar presentes.

i) Controle por Tempo

- Dias: Segunda a Domingo;
- Hora: 00:00 as 24:00; degrau de 1 em 1 hora;
- Minutos: 00:00 a 60:00; degrau de 1 em 1 minuto.

Deverá apresentar no display a data atual do relógio, contendo dia, mês e ano. O dia atual estará apto a ser alterado.

- Bloqueio em Dias da Semana: Este parâmetro irá bloquear a atuação de tempo em dias específicos da semana.

j) OFFSET de Tensão:

- Hora de ativação (Controle de Tempo): Este parâmetro irá indicar qual hora e minuto o controle de tempo irá iniciar sua atuação, ou seja, a partir de quando os limites superior e inferior serão acrescidos do offset de tensão.
- Hora de desativação (Controle de Tempo): Este parâmetro irá indicar qual hora e minuto o controle de tempo irá desabilitar sua atuação, ou seja, a partir de quando os limites superior e inferior estarão novamente atuando.
- * Restrição: Os Controles por Tensão inferior e superior devem estar presentes.

k) Intertravamentos

Os Bancos devem ter operação bloqueada caso ultrapassem uma quantidade de comutação parametrizável em um determinado intervalo de tempo, também parametrizável.

- Número máximo de manobras permitidas no tempo de monitoração: Faixa de Variação de 1 a 10; degrau de 1 em 1.
- Tempo de monitoração do número máximo de manobras: Faixa de Variação de 1 a 600seg; degrau de 1 em 1 seg.

Os demais intertravamentos devem ser implementados de acordo com a especificidade de cada projeto da subestação e com os acordos definidos durante o workstatement.

7.7.1.2. CRITÉRIOS DE CONTROLE DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Todos os transformadores dispõem de comutador de derivação em carga para regulação de tensão. Os comutadores de derivação sob carga podem ser configurados para serem comandados de modo manual ou automático. A forma normal de operação deve ser a regulação automática de tensão.

A configuração da opção regulação automática/manual deve ser permitida a partir do COS ou da subestação. Estando a regulação em modo manual, deve ser possível subir/baixar derivações a partir do COS ou da subestação.

Os transformadores dispõem de um medidor de temperatura que permite o controle automático da ventilação dos transformadores. Esta deve ser a forma normal de operação.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

No entanto, também deve ser possível forçar a ventilação a partir do COS. Esta opção permite aos operadores comandar a ventilação forçada de um transformador em forma antecipada, quando se prevê um aumento de carga.

Os transformadores de potência podem ser energizados em AT com carga em MT desde que os bancos de capacitores estejam desenergizados. Isto é particularmente aplicável em algumas operações automáticas, tais como transferência de um circuito de alimentação em AT a outro circuito. A aplicação deste critério melhora os tempos de reposição frente a interrupções.

As proteções do transformador devem ser implementadas conforme diagramas unifilares do Anexo (Diagramas Unifilares).

7.7.1.3. TELECONTROLE

O telecontrole da subestação deve ser realizado a partir do Centro de Controle do Sistema, para tanto deve estar incorporada a funcionalidade de telecontrole no Sistema Integrado de Controle, Medição e Proteção.

O SPCS deve dispor, no mínimo, de dois meios de comunicação, um para a realização das funções de telecomando através do COS, e um segundo meio de comunicação, para a realização de funções de aquisição de oscilografia e teleacesso e/ou telemanutenção.

7.7.1.4. TELEALARME

Todas as subestações devem possuir telealarme. Este equipamento não é contemplado no fornecimento do SPCS. Contudo, devem estar disponibilizados no SPCS, os pontos necessários para conexão com o telealarme. Mais detalhes devem ser tratados durante o planejamento da subestação.

7.7.2. SISTEMA DE PROTEÇÃO

Os sistemas de proteção devem ser projetados para monitorar a operação de uma rede elétrica e iniciar ações automaticamente para impedir e limitar a extensão e a duração das interrupções de serviço devido a falhas ou condições potencialmente anormais.

O sistema de proteção da subestação deve atender as premissas dispostas nesta especificação e, quando disponível, os equipamentos de proteção devem ser conforme especificações globais.

Sistemas de proteção devem considerar pelo menos as seguintes características:

- Confiabilidade, as proteções devem detectar e isolar as falhas e operar onde apropriado;
- Seletividade, as proteções devem discriminar entre condições normais e anormais do sistema em coordenação com outras proteções;
- Velocidade, as proteções devem operar rapidamente para minimizar a duração da falha e os danos ao equipamento e restaurar o sistema rapidamente de acordo com a seletividade definida;
- Sensibilidade, as proteções devem ser capazes de detectar a falha de nível mínimo (falha de corrente/tensão) na zona protegida;



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.7.2.1. DISPOSITIVOS

Um relé de proteção é definido como um dispositivo cuja função é detectar linhas ou equipamentos defeituosos ou outras condições do sistema de energia de natureza anormal ou perigosa e iniciar ações de controle apropriadas.

Os relés de proteção, de uma forma em geral, funcionam a partir da medição das grandezas de tensão e corrente do sistema elétrico. Os sinais analógicos de corrente são medidos pelos relés através dos transformadores de corrente (TCs), e os sinais analógicos de tensão são medidos, através dos transformadores de potencial (TPs). Os sinais analógicos medidos são analisados e comparados com valores pré-ajustados nos relés. Caso os sinais medidos alcancem os valores pré-definidos nos relés e o tempo previsto para atuação, o relé envia um sinal de abertura (Trip) para o disjuntor associado e este isola a área afetada pela falta. Quando ocorre uma falha no sistema de proteção, tal como falha do disjuntor ou falha no relé ou na coordenação da proteção do sistema, o relé de retaguarda deve atuar eliminando a falta.

Existem vários relés, dependendo do princípio de operação e da seção da rede protegida.

Como referência, os números de identificação e as siglas das funções de proteção são definidos de acordo com a norma IEEE C37.2 que também consideram letras de sufixo apropriadas quando necessário. Esses códigos são comumente usados em diagramas, especificações e manuais de instruções.

A tabela 39 mostra alguns exemplos com as funções e códigos normalmente usados nos esquemas de proteção de subestações AT/MT.

Tabela 39 - Principais funções em subestações

ANSI Código	Função	ANSI Código	Função
16	Dispositivo de comunicação de dados	62	Relé de interrupção ou abertura temporizada
21	Relé de distância	63	Relé de pressão de gás
26	Dispositivo térmico do equipamento (temperatura)	64	Relé de proteção de terra
27	Relé de subtensão	67	Relé direcional de sobrecorrente CA
32	Relé direcional de potência	71	Dispositivo de detecção de nível de líquidos
46	Relé de reversão ou desbalanceamento de corrente	79	Relé de religamento CA
49	Relé térmico para máquinas ou transformadores	81	Relé de sub/sobrefrequência
50	Relé de sobrecorrente instantâneo	86	Relé auxiliar de bloqueio



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

51	Relé de sobrecorrente temporizado CA	87	Relé de proteção diferencial
59	Relé de sobretensão	90	Dispositivo de regulação

A Tabela 40 especifica algumas letras de sufixo, comumente aplicadas a cada código, indicando o elemento do circuito sendo protegido ou a função:

Tabela 40 - Letras com sufixo usadas em funções de proteção

Sufixo	Siglas de Dispositivos / Funções
A	Alarme, Alimentação auxiliar
B	Bateria, Soprador ou Barramento
BF	Breaker failure
G	Gerador ou terra
L	Linha/lógica
N	Neutro (Bobina do relé conectada ao circuito com TC residual) / Rede
T	Transformador
SOTF	Fechamento sob falta

As proteções devem dispor de auto supervisão contínua e de auto diagnóstico para detectar falta de bateria, falhas físicas e lógicas, com indicação local e remota de indisponibilidade do relé.

Os dispositivos de controle permitem operar remotamente o equipamento no nível da subestação (por exemplo, disjuntores, seccionadores motorizados, comutadores de derivação em carga e outros).

Na verdade, os dispositivos de proteção e controle usam tecnologia digital, e o mesmo dispositivo pode fornecer todas as funções de proteção e controle necessárias.

A tecnologia digital permite a troca bidirecional de informações (interoperabilidade); portanto, esses dispositivos geralmente são chamados de IED (Dispositivos Eletrônicos Inteligentes).

O IED permitirá a implementação de lógicas de controle, considerando as diferentes variáveis disponíveis em cada uma delas. No mínimo, algumas das lógicas de controle que os dispositivos devem considerar são indicadas abaixo:

- Diagnósticos de auto diagnóstico de sua operação e condições anormais;
- Supervisão de transdutores de tensão e corrente;
- Supervisão e monitoramento da posição de controle (por exemplo, disjuntores, interruptores, fonte de alimentação CA/CC);



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Abertura/Fechamento de disjuntores ou outro equipamento localmente ou remotamente.

Outras funções lógicas ou de controle podem ser solicitadas para os diferentes equipamentos da subestação. Essas funções de controle serão indicadas nos requisitos de cada compartimento.

A rede de comunicação deve ser baseada em uma rede LAN (Barramento da estação).

A quantidade de entradas e saídas digitais é indicada nas especificações técnicas dos dispositivos.

Os dispositivos e o sistema de controle e proteção devem permitir acesso remoto para atividades de manutenção, apresentando registro temporário (oscilografia), registros de eventos e falhas e parâmetros de proteção.

A chave Local/Remoto existente nos equipamentos de disjunção em nenhuma condição deve bloquear ou inibir as funções de proteção do relé associado, impedindo que este envie comando de abertura para o disjuntor.

A função de falha do disjuntor (62BF) deve permitir sua ativação/desativação por completo e ser implementada através de mensagem GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) entre as IEDs. Neste sentido, quando da desativação dessa função, o relé não deve permitir que qualquer evento associado a falha no sistema de abertura do disjuntor venha a ativá-la causando a abertura do disjuntor de retaguarda indevidamente.

O relé de sobrecorrente associado ao disjuntor geral de alta tensão deve enviar o sinal de trip diretamente para o disjuntor geral, sem intermédio do esquema lógico de transferência (43).

Todos os relés devem apresentar os registros cronológicos de eventos na ordem decrescente de tempo, ou seja, do mais recente para o mais antigo.

Os relés que contemplam as funções de neutro sensível (50/51NS) e neutro convencional (50/51N) devem permitir a inibição destas funções de forma independente. Vale salientar que a inibição destas funções deve ser possível tanto em modo local como remoto.

Todos os relés que contemplam a função de religamento (função 79) devem estar aptos para enviar comando de abertura e religamento, cumprindo todo o ciclo de religamento do equipamento de disjunção associado.

Todos os relés devem contemplar medições de corrente (A), tensão (V), e grandezas calculadas: potência ativa (W), potência reativa (VAr), energia reativa (VAr/h), energia ativa (Wh), fator de potência e oscilografia, conforme requerido nas Especificações de Relés de Proteção.

Nas subestações com barra dupla, os vãos protegidos através de disjuntores, a atuação da proteção ocorre através de um esquema (físico ou lógico) de transferência da proteção (função 43). A função de transferência da proteção pode assumir um dos seguintes estados: Normal (N), Em Transferência (ET) e Transferida (T). Se o comando de abertura enviado pelo relé encontra a função 43 no estado N, o relé atua diretamente sobre o disjuntor principal. Caso a função 43 esteja na posição ET, o sinal de abertura é enviado para o disjuntor principal e para o disjuntor de transferência, e quando a função 43 está na posição T, o sinal enviado comanda a abertura somente do disjuntor de transferência. A função 43 deve ser implementada através de meio físico ou através de lógica entre as IEDs para os vãos de entrada e saída de linha de alta tensão e para os vãos dos transformadores.

7.7.2.2. ARQUITETURA GERAL E FILOSOFIA

A arquitetura do sistema de proteção mostrada na Figura complementa os recursos de projeto da subestação AT/MT.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

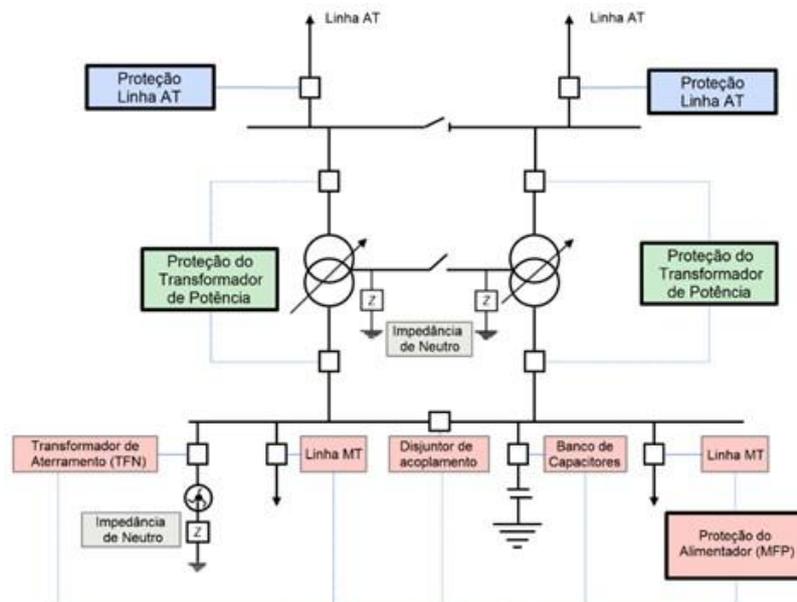
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

**Figura 125** - Sistema de Proteção para Subestações AT/MT

A Figura 125 mostra os dispositivos de proteção associados aos disjuntores da subestação AT/MT. A arquitetura de proteção será uma referência para novos projetos e pode ser complementada com equipamentos ou funções exigidas pelos regulamentos locais.

Os esquemas das subestações AT/MT com um (1) ou dois (2) transformadores de potência, considerando a mesma filosofia e dispositivos indicados para o caso de dois (2) transformadores de potência.

Os dispositivos de proteção e controle para subestações AT/MT correspondem ao seguinte:

- Proteção de entradas e saídas de linhas AT;
- Proteção do transformador de potência;
- Proteção do barramento de MT.

Os dispositivos de proteção e controle devem estar em conformidade com os padrões globais (GS's) disponíveis da Enel. Esses GS's definem os requisitos funcionais, construtivos e de teste.

Esses dispositivos, quando apropriado, devem atingir a definição de equipamento de proteção de acordo com as partes da IEC 60255, e/ou protocolo padrão de comunicação IED de acordo com as partes da IEC 61850.

O uso do padrão de comunicação IEC 61850 (protocolos MMS e GOOSE) com perfis, permite alcançar a interoperabilidade entre os vários dispositivos (IED's) instalados na subestação. Além disso, a norma IEC 61850 permite o conceito de "Ampliação Digital da Subestação Primária" (ADSP), no caso de funções avançadas (por exemplo, seleção inteligente de falhas).

Além disso, todos os dispositivos devem considerar os requisitos de segurança da Enel de acordo com os "GSTP901 - Requisitos de segurança cibernética para dispositivos de proteção e controle".

7.7.2.2.1. PROTEÇÃO DAS ENTRADAS/SAIDAS DE LINHA AT

As proteções AT referem-se aos disjuntores das linhas AT (line in – line out, ou seja, LILO) e outros componentes AT.

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

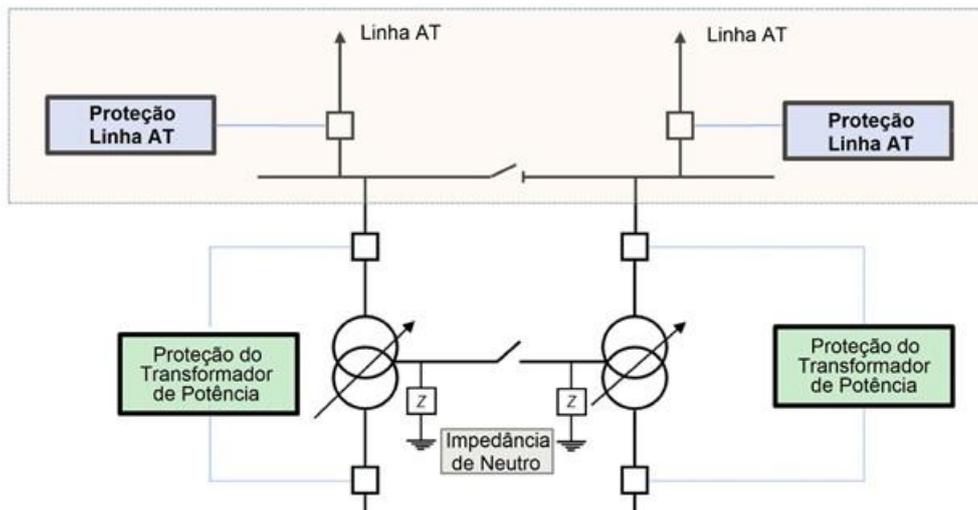


Figura 126 - Zonas de Proteção das Entradas e Saídas de Linha de AT

Se os disjuntores da linha AT fizerem conexão direta com a transmissora de energia ou instalações de geração de energia, as proteções da linha AT devem cumprir os requisitos da transmissora de energia e/ou os regulamentos locais obrigatórios.

A arquitetura de proteção AT pode incluir um dispositivo de proteção de backup adicional, pois um nível de proteção primário e um secundário podem ser implementados.

Em projetos para tensões de 88kV ou 138kV deve ser previsto proteção diferencial de barra (87B) por ser uma exigência da ONS.

O presente documento faz referência apenas aos tipos de subestações AT / MT. Portanto, outras possíveis topologias especiais devem ser projetadas caso a caso (por exemplo, proteção de barra de barramento 87B no caso especial de vários barramentos ou linhas de alta tensão).

O sistema de proteção adotado para entradas de linhas de AT deve contemplar entradas analógicas suficientes para a leitura de 4 TCs e 3TPs.

a) Funções de Proteção

Os dispositivos de proteção de alta tensão suportam pelo menos as seguintes funções:

- Verificação ou supervisão do circuito de interbloqueio / trip (3);
- Função de distância (21) com esquema de teleproteção (85) em ambos os IEDs, quando aplicável;
- Função de distância de neutro (21N);
- Função de sincronismo (25);
- Função de subtensão (27);
- Função de sobrecorrente de sequência negativa (46);
- Condutor partido (46A), também conhecido como (I2/I1);
- Função de sobrecorrente instantânea de fase (50);



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Função de sobrecorrente temporizada (51) de fase;
- Função de sobrecorrente instantânea de neutro (50N);
- Função de sobrecorrente instantânea temporizada de neutro (51N);
- Função de sobretensão (59);
- Função de sobretensão residual (59N);
- Função de falha do disjuntor (50/62BF);
- Função de sobrecorrente direcional de fase (67);
- Função de sobrecorrente direcional de neutro (67N);
- Função de medição de ângulo de fase (78);
- Religamento (79);
- Sub/sobrefrequência (81);
- Diferencial de Linha (87L) como principal e Distância (21) como retaguarda (teleproteção), quando aplicável. No caso de linhas subterrâneas de alta tensão e linhas aéreas curtas de alta tensão;
- Localizador de falhas (FLOC);
- Fechamento sob falta (SOTF);
- Oscilografia (OSC);

Caso a caso, apenas algumas funções acima mencionadas podem ser necessárias ou ativadas.

Eventualmente, outras funções podem ser necessárias devido a condições regulatórias ou contratuais ou por configurações especiais da rede de alta tensão.

Algumas linhas radiais de alta tensão podem exigir no IED apenas a ativação de poucas funções como sobrecorrente (50/51) e / ou direcional (67). A esse respeito, a série GSTP10X: Proteção multifuncional de alimentador (MFP) pode ser usada (por exemplo, alguma conexão radial ao cliente de alta tensão).

b) Critérios de Habilitação e Atuação das Funções de Proteção

Para habilitação e atuação das principais funções de proteção, devem ser verificadas as informações a seguir:

- Os IEDs multifunção (principal e alternada) da entrada/saída de linha enviam comando de abertura para o disjuntor de entrada de linha. Na subestação AT/AT com dois barramentos de AT, os IEDs também podem enviar comando de abertura para o disjuntor de transferência de acordo com o estado da função 43 (N, ET, T).
- A função 87L, quando habilitada, funciona como proteção principal e a habilitação desta só pode ser efetivada quando no outro terminal da linha também houver a função 87L disponível, devendo o relé ser do mesmo modelo e fabricante em ambos os terminais.
- Devem ser utilizadas as funções de distância (21) e sobrecorrente direcional de fase (67) e neutro (67N), em ambas as cadeias de proteção (principal e alternada) com teleproteção, sendo a função de distância (21) considerada a função principal para defeitos fase-fase e a função 67 a função de retaguarda da mesma.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Para proteção de barras é preferencial o uso da proteção diferencial de barras (87B), tendo como segunda opção as proteções de sobrecorrente (50/51 e 50/51N). Para os casos de subestações de interligação, o uso do diferencial de barras (87B) é mandatório.
- As funções de subtensão (27) e sobretensão (59), deste relé devem ser habilitadas somente nos casos em que o estudo da proteção e operação julgue necessário.
- A função falha de disjuntor (50/62BF), existente no IED, deve enviar sinal de trip para os disjuntores que são fonte de alimentação da falha na linha e enviar TDD para o terminal remoto (quando a teleproteção for utilizada), utilizando a função de transferência de proteção associada aos disjuntores.

c) Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IEDs)

Os dispositivos usados atenderão às especificações técnicas desenvolvidas de acordo com os requisitos internos da distribuidora e/ou transmissora. Se um dispositivo GS estiver disponível, os dispositivos relacionados devem estar em conformidade com o respectivo GS.

d) Funções de Controle

Esses dispositivos de proteção de controle devem poder controlar os disjuntores e seccionadores de alta tensão (abrir / fechar), ambos localmente diretamente no dispositivo (tela / teclado) e remotamente. Em relação à localização, os dispositivos estarão em armários, um para cada linha de alta tensão, conforme Figura 127.

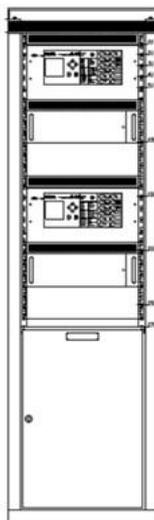


Figura 127 - Painéis AT

7.7.2.2.2. PROTEÇÃO DO TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA

a) Proteções Intrínsecas dos Transformadores de Potência

Os transformadores de potência das SED são protegidos através das proteções intrínsecas que fazem parte do projeto do transformador, são elas:

- Relé de temperatura do óleo (26);
- Relé de temperatura do enrolamento (49);



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Relé de ruptura de membrana (RM);
- Relé de gás (63);
- Válvula de alívio de pressão (63A);
- Relé de pressão do CDC (63C);
- Relé de nível do óleo (71);
- Relé do fluxo de óleo do CDC (80).

Outras funções podem ser habilitadas neste relé, caso a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

Para habilitação e atuação das principais funções de proteção, devem ser verificadas as informações a seguir:

As proteções intrínsecas devem enviar trip de alta velocidade e atuar sobre o relé de bloqueio.

Nesta filosofia, o relé de bloqueio (função 86), quando recebe sinal de trip de uma proteção principal, exerce a função de comandar a abertura dos disjuntores associados e ao mesmo tempo bloquear o fechamento destes disjuntores. O relé de bloqueio deve ser do tipo biestável ou biestável lógico com recurso para reset local e remoto. Vale salientar que o procedimento normal de operação é o reset local.

As proteções térmicas do transformador são exercidas por uma unidade microprocessada denominada monitor de temperatura. O monitor de temperatura contempla o relé de temperatura do enrolamento (função 49) e o relé temperatura do óleo (função 26). Este monitor deve conter, no mínimo, os seguintes contatos para cada função:

- A função de temperatura do óleo deve estar associada a, no mínimo, duas saídas digitais configuradas em função da classe térmica do transformador conforme Tabela 41.

Tabela 41 - Estágios de Alarme em função da temperatura

Classe Térmica do transformador	Temperatura	Alarme 1º Estágio	Alarme 2º Estágio
55°C	Topo do Óleo	85°C	95°C
	Enrolamento	95°C	105°C
55/65°C	Topo do Óleo	85°C	95°C
	Enrolamento	105°C	115°C
60/65°C	Topo do Óleo	90°C	100°C
	Enrolamento	105°C	115°C
65°C	Topo do Óleo	95°C	105°C
	Enrolamento	105°C	115°C



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- A função de temperatura do enrolamento deve estar associada a três saídas digitais configuradas da seguinte forma: uma saída digital deve comandar a entrada em funcionamento do banco de ventiladores, o 1º Estágio de Ventilação deve entrar em operação quando a temperatura do enrolamento atingir 60°C e 2º Estágio de ventilação quando a temperatura do enrolamento atingir 70°C e as demais saídas digitais devem gerar alarmes, ficando a responsabilidade de comandar a abertura dos disjuntores por conta da área de operação. Estas saídas digitais devem estar configuradas em função da classe térmica do transformador conforme Tabela .

O relé de indicação de nível do óleo (função 71) deve apenas gerar alarme para nível alto de óleo (1º Estágio) e para o nível baixo de óleo (2º Estágio).

As proteções intrínsecas do transformador serão aquisitadas por uma unidade microprocessada que também será responsável pelo monitoramento e comando do comutador de TAP sob carga.

b) Proteções do Vão de Transformação

Os vão de transformação das SED são protegidos através das seguintes proteções:

- Função de subtensão (27 / 27DC);
- Função de reversão ou desbalanceamento de tensão (47);
- Função de sobrecorrente instantânea de fase (50);
- Função de sobrecorrente temporizada (51) de fase;
- Função de sobrecorrente instantânea de neutro (50N);
- Função de sobrecorrente instantânea temporizada de neutro (51N);
- Função de sobrecorrente temporizado de terra (51G);
- Função de sobretensão (59);
- Função de sobretensão residual (59N);
- Função de falha do disjuntor (50/62BF);
- Sub/sobrefrequência (81 / 81R);
- Função de bloqueio (86);
- Diferencial (87);
- Relé de corrente de equilíbrio de fase (46). Sobrecorrente de Sequência Negativa;
- Proteção contra discrepância de postes (52 PD);
- Proteção térmica de imagem da impedância neutra MT ao terra (49G);
- Relé de religamento de CA / religamento automático (79);
- Proteção de terra do transformador (64T);
- Oscilografia (OSC);

Outras funções podem ser habilitadas neste relé, caso a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

O sistema de proteção do vão de transformação deve contemplar um relé com as funções diferencial e sobrecorrente multifunção protegendo a zona entre os TCs de bucha de AT e MT do transformador de potência. Dependendo do arranjo, utiliza-se proteção diferencial estendida.

O relé diferencial recebe sinal de corrente dos TCs instalados nas buchas de AT e MT (fase e neutro) do transformador de potência.

No relé diferencial multifunção, devem ser disponibilizadas no mínimo as seguintes funções: diferencial (87), funções de sobrecorrente instantânea (50) e temporizada (51) de fase e instantânea (50N) e temporizada (51N) de neutro associadas à alta tensão; funções de sobrecorrente instantânea (50) e temporizada (51) de fase, instantânea de neutro (50N) e função de sobrecorrente de terra (51G), associadas à média tensão. Outras funções podem ser habilitadas neste relé se a área de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

As funções de sobrecorrente devem atuar diretamente sobre os disjuntores principal e sobre o disjuntor geral de média tensão, conforme ilustrado no diagrama unifilar, em anexo. Na subestação AT/AT com dois barramentos de AT, o relé de sobrecorrente também pode enviar comando de abertura para o disjuntor de transferência de acordo com o estado da função 43 (N, ET, T).

O relé diferencial (função 87) deve atuar de forma simultânea sobre o disjuntor de média tensão e sobre os disjuntores principal e/ou de transferência de alta tensão através da função de transferência da proteção (função 43). Além disso, a função 87 deve atuar sobre o relé de bloqueio (função 86).

No relé de sobrecorrente multifunção instalado do lado de alta tensão do transformador de potência devem ser disponibilizadas, no mínimo, as seguintes funções: sobrecorrente instantânea (50) e temporizada (51) de fase, funções instantâneas (50N) e temporizada (51N) de neutro e a função de falha do disjuntor (62BF). Outras funções podem ser habilitadas neste relé se a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

As funções de proteção deste relé devem atuar diretamente sobre os disjuntores da alta tensão.

A proteção de subfrequência/sobrefrequência deve estar disponibilizada no IED. Opcionalmente um IED de Frequência pode ser instalado para atendimento do Esquema Regional de Alívio de Cargas – ERAC.

Para subestações MT/MT, a proteção dos equipamentos do sistema de monitoramento do transformador deve ser realizado conforme norma GSTP011 (RGDM).

O RGDM irá operar sobre disjuntores de média tensão dos transformadores em caso de avarias (por exemplo, sobrecorrente, corrente de partida, direcional máxima de potência) e/ou outra condição especial (por exemplo, instabilidade de rede).

Além disso, os trips/alarmes para as condições anormais internas do transformador de potência (por exemplo, nível do óleo, temperatura do transformador) será administrada por um controle programável dispositivo. Este dispositivo pode ser um controlador programável de automatização discreta (DPAC) com entradas/saídas digitais para o trip (abertura) dos disjuntores através do RGDM.

O DPAC deve permitir:

- Automação da Subestação MT / MT;
- Sinais I / O;
- Registro de eventos;
- Controle de sistemas e baias;

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

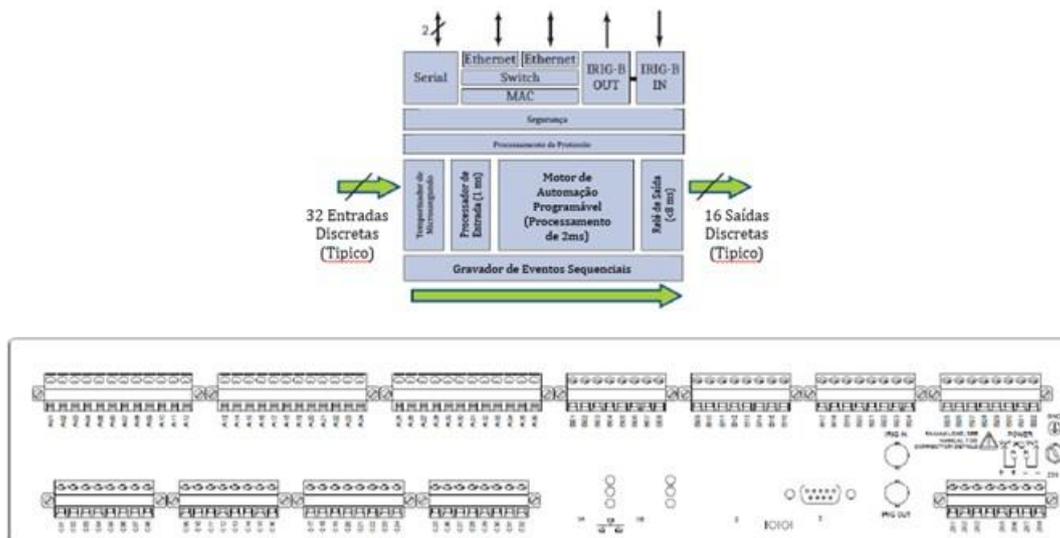
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Processamento lógico da proteção.

**Figura 128** - Painel e Diagrama Funcional

As funções de proteção dos sistemas estão indicadas na GSTP011.

Outras funções de proteção dos sistemas podem ser consideradas de acordo com a regulamentação local.

c) Funções de Controle

Os dispositivos de controle devem ter:

- Abertura / fechamento de disjuntores AT e MT
- Controle e regulação do comutador em carga (90)
- Analisador neutro (no caso de bobina de Petersen)

Toda ou parte das funções mencionadas acima podem ser aplicadas dependendo do projeto. As funções de proteção necessárias devem ser indicadas na especificação técnica do dispositivo.

Um (1) ou (2) dispositivos podem cobrir as mesmas funções de proteção e controle acima mencionadas.

O (s) dispositivo (s) do transformador (es) podem ser localizados em alinhamentos de switchgear de média tensão (transformador de linha ou tensão).

7.7.2.2.3. PROTEÇÃO, CONTROLE E COMUNICAÇÃO MT/MT

Os cabos do sistema de proteção, controle e comunicação devem ser constituídos por circuitos independentes e devidamente protegidos de tal modo que numa eventual falha na alimentação de um sistema não interrompa ou prejudique o bom funcionamento dos demais.

Todos os elementos necessários devem ser considerados de modo a permitir a operação remota da subestação, garantindo a interoperabilidade entre os equipamentos de proteção, o sistema de controle remoto da subestação e o Centro de Controle da Distribuidora.

O esquema a considerar está representado na Figura 128:

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

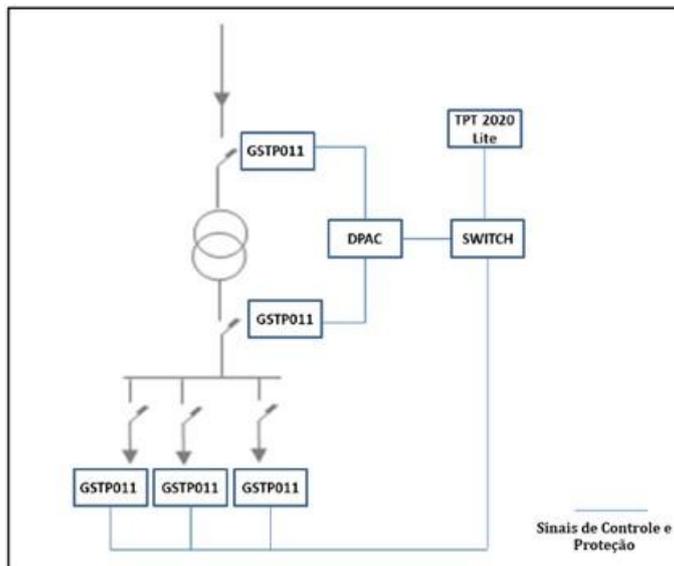
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

**Figura 129** - Diagrama de proteção e controle da subestação

A tensão e corrente dos sinais para o RGDM virão dos LPITs (Transformador de Instrumento de Baixa Potência) localizados na mesma célula.

Para os painéis multifuncionais do sistema de proteção e controle deve ser observado a norma GSTP011 (especificação RGDM para linhas mV).

a) Comunicação

Enquanto a Figura 130 mostra apenas a arquitetura lógica, as comunicações entre dispositivos inteligentes devem ser feitas por meio de fibra ótica ou fios de cobre.

Este tipo de regime, com a configuração correta do dispositivo de rede, garante o controle remoto e de automação desejada, juntamente com escalabilidade e confiabilidade.

Para todos os detalhes sobre dispositivos de rede locais, sua instalação e configuração, consulte o documento “dispositivos e configurações Subestação LAN” que serão publicados pela NT & I.

A gestão da operação remota pode ser realizada através de uma UTR, nomeadamente TPT 2020 Lite. As principais funções são:

- Monitoramento da instalação, em particular, o UTR coleta e entrega:
 - Informações sobre a condição dos dispositivos de comutação e controle;
 - Medições da instalação.
- Controle e proteção através de:
 - Processamento de informação dos dispositivos;
 - Automação local.

A comunicação dentro das subestações será através de roteador com fibra ótica e para o Centro de Controle, de acordo com os canais disponíveis pela equipe de GDS/Telecom.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

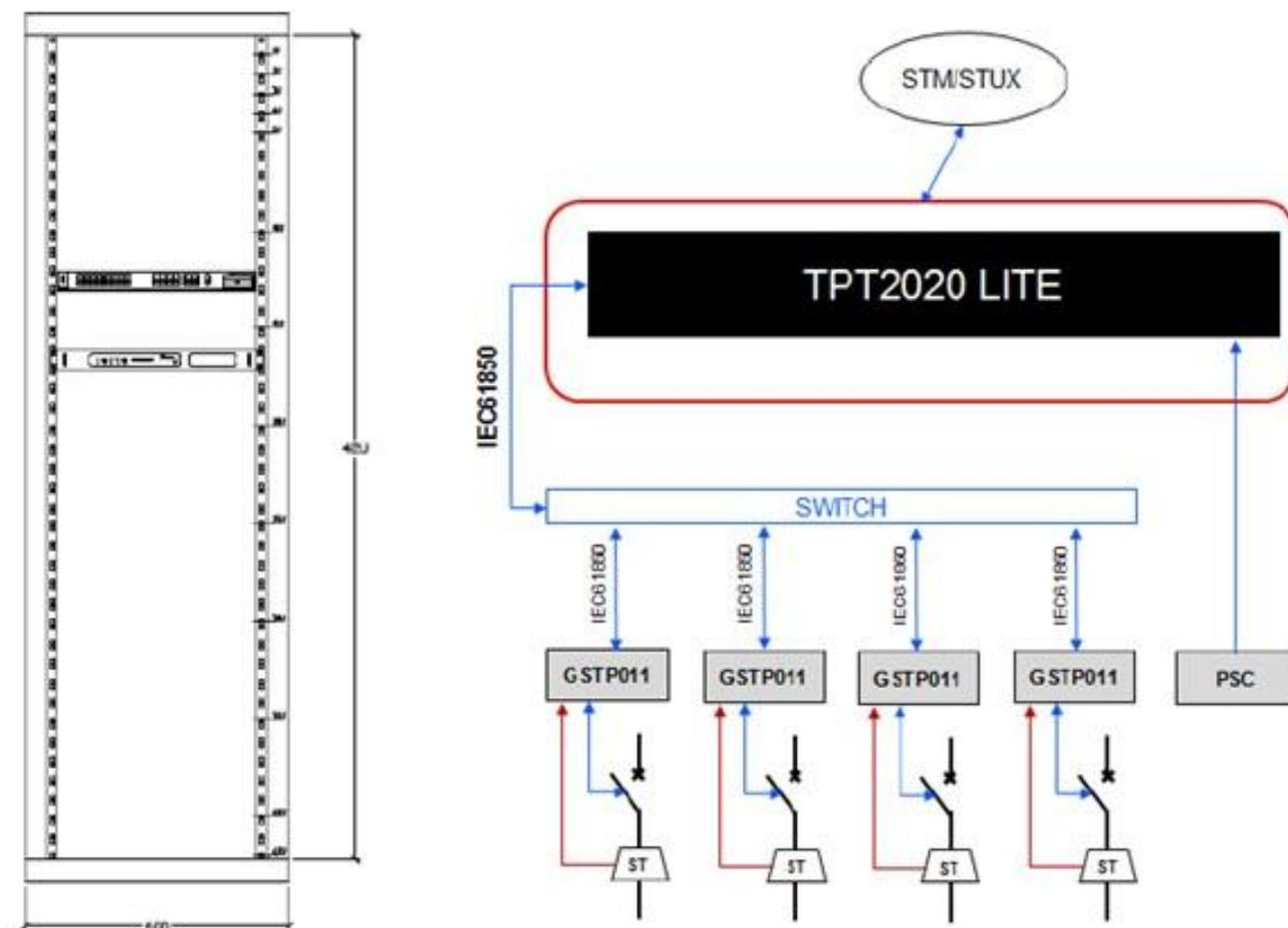


Figura 130 - Armário/Gabinete TPT 2020 Lite

A comunicação deve ser realizada por meio de tecnologias de comunicação com fios (fibras ópticas, ou outra) ou, dependendo das características de comunicação na área definida pela distribuidora local. Outras soluções podem ser avaliadas através de consulta a Global.

b) Cyber Security

O Smart Devices deve cumprir a Cyber Security Padrões Globais publicados pelo NT & I.

Se Cyber Security Padrão Global está faltando para um dispositivo inteligente, consulte Cyber Security OT Orientação no.12 "Control Sistemas Industriais OT Segurança Orientação".

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.7.2.2.4. PROTEÇÃO DO BARRAMENTO

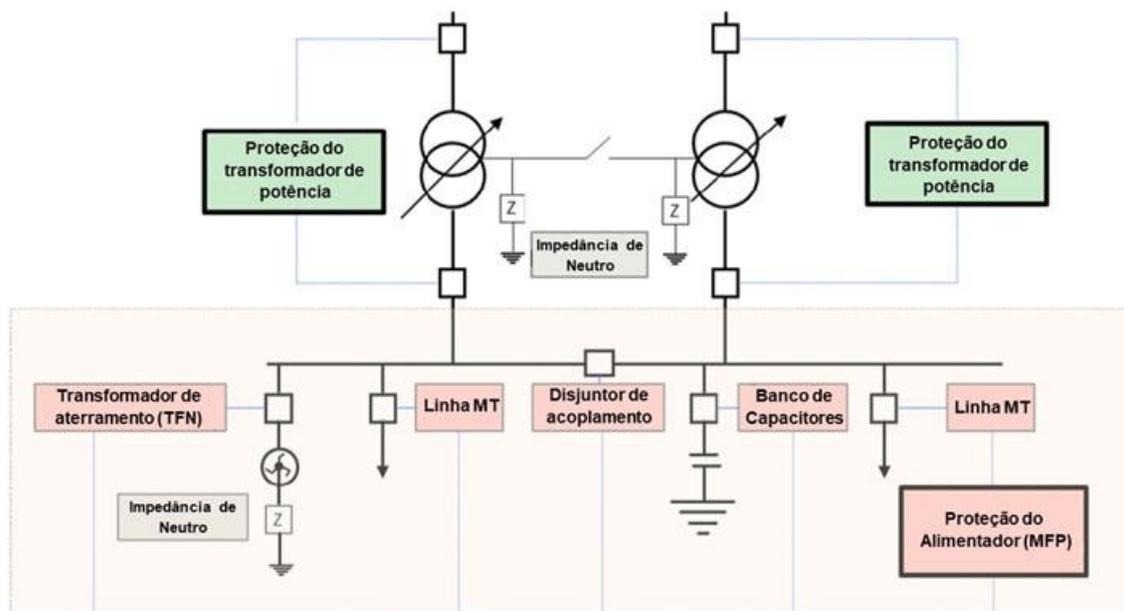


Figura 131 - Zonas de proteção MT

A média tensão está dividida em duas zonas de proteção, protegidas por relés distintos. A primeira zona, que abrange o trecho entre as buchas de média tensão do transformador até o disjuntor geral, está protegida através das funções de sobrecorrente (50/51, 50/51N e 51G) do relé diferencial.

No IED multifunção que protege a segunda zona de proteção, responsável pela proteção da barra principal de média tensão, devem ser disponibilizadas, no mínimo, as seguintes funções: sobrecorrente instantânea (50) e temporizada (51) de fase, funções instantâneas (50N) e temporizada (51N) de neutro e a função de falha do disjuntor (62BF). Outras funções podem ser habilitadas neste relé, caso a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

O relé deve dispor de recursos para a implementação de um esquema de seletividade lógica para bloqueio das funções instantâneas associadas ao disjuntor geral de média tensão vinculada ao pickup dos relés dos alimentadores. Este esquema é implementado através de mensagens GOOSE entre os relés citados anteriormente.

As funções de proteção deste relé devem atuar diretamente sobre o disjuntor geral de média tensão.

a) Funções de Proteção - Alimentadores

O sistema de proteção adotado nas saídas dos alimentadores de distribuição das SED deve contemplar um IED multifunção, recebendo sinal de corrente dos TCs instalados no alimentador e sinal de tensão dos TPs instalados na barra de média tensão.

Os alimentadores das SED são protegidos através das seguintes proteções:

- Função de subtensão (27 / 27DC);
- Função de sobrecorrente de sequência inversa (46);
- Condutor partido (46A), também conhecido como (I2/I1);



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Função de sobrecorrente instantânea de fase (50);
- Função de sobrecorrente temporizada (51) de fase;
- Função de sobrecorrente instantânea de neutro (50N);
- Função de sobrecorrente instantânea temporizada de neutro (51N);
- Função de sobrecorrente instantânea temporizada de neutro sensível (51NS);
- Função de sobretensão (59 / 59N);
- Função de falha do disjuntor (50/62BF);
- Religamento (79);
- Sub/sobrefrequência (81).
- Sobrecorrente direcional – fases e neutro (67 / 67N)
- Proteção contra desbalanceamento (46N). Desequilíbrio entre bancos de capacitores.
- Fechamento sob falta (SOFT)
- Proteção direcional de sobrecarga ativa (32P) – Quando o compartimento corresponde ao cliente do autogerador.
- Dispositivo de verificação de sincronismo (25)
- Função de proteção de detecção de sobretensão (ES59B) - Linhas de MT com geração.
- Função de seletividade lógica (FSL)
- Oscilografia (OSC)
- Detecção de falha de alta impedância
- Dispositivo de monitoramento térmico (49) – Em caso de presença de TFN
- Buchholz (63) – Em caso de presença de TFN
- Nível de óleo (71) – Em caso de presença de TFN

Outras funções podem ser habilitadas neste relé, caso a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

b) Critérios de Habilitação e Atuação das Funções de Proteção - Alimentadores

As seguintes funções devem ser implementadas para controle para disjuntores MT nos seguintes compartimentos:

- Linhas de MT;
- Acoplador de disjuntores;
- Bancos de capacitores (incluindo correção do fator de potência);
- Controle TFN.

Os perfis de comunicação – referidos na norma IEC 61850 – são definidos na série GSTP10X.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Os dispositivos de controle de proteção estarão dentro do switchgear de MT na frente da caixa de BT de cada linha de painéis de distribuição:

O IED multifunção da saída de alimentador deve enviar comando de abertura diretamente para o alimentador.

O relé deve dispor de recursos para a implementação de um esquema de seletividade lógica para bloqueio das funções instantâneas associadas ao disjuntor geral de média tensão vinculada ao pickup dos relés dos religadores. Este esquema é implementado através de mensagens GOOSE entre os relés citados anteriormente.

A seletividade lógica deve estar associada a função de sobrecorrente instantânea (50) e temporizada de fase (51) e instantânea e temporizada de neutro (50/51N). Estas funções devem enviar um sinal para o relé de retaguarda, através do esquema de seletividade lógica inibindo a atuação das funções de sobrecorrente do relé de retaguarda, sempre que as funções de sobrecorrente do relé de alimentador iniciarem sua atuação.

A função falha de disjuntor (62BF), existente neste relé, deve enviar sinal de trip para o(s) disjuntor(es) geral de barra de média e/ou para o disjuntor de transferência e de interligação de barra.

Para subestação MT/MT, a proteção dos equipamentos de alimentação dos sistemas deve ser observada a norma GSTP011 (RGDM). Toda a proteção deve ser montada na RMU e se conecta aos sistemas:

- Com a RMU através de cabo de baixa tensão para os sinais e comandos;
- Com sensores de tensão e potência;
- Através de cabo de fibra óptica para a comunicação com o sistema SCADA (controles, sinais e medições);
- Com o PSC através de cabo de alimentação de baixa tensão.

A fonte de alimentação do GSTP011 é de 24 VCC

As funções de proteção de linha MT a serem consideradas são:

- Sobrecorrente direcional de fase e neutro (67/67N);
- Sobrecorrente instantânea e temporizada de fase (50/51);
- Sobrecorrente instantânea e temporizada de neutro (50/51N);
- Máxima potência ativa direcional (32P);
- Segunda harmônica por correntes de In rush (2ndH REST).
- Subfrequência (81);
- Subtensão (27).

Em relação às funções de automação, deve ser considerado:

- Seletividade lógica para detecção de falhas;
- Fechamento automático (79).

c) Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IEDs)

Os dispositivos usados estão em conformidade com a série GS GSTP10X, “Dispositivo de proteção e controle para subestação AT / MT – Proteção de alimentador multifuncional (MFP)”:

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Os diagramas de conexão relevantes estão detalhados nos documentos GSTX101 e GSTX102.

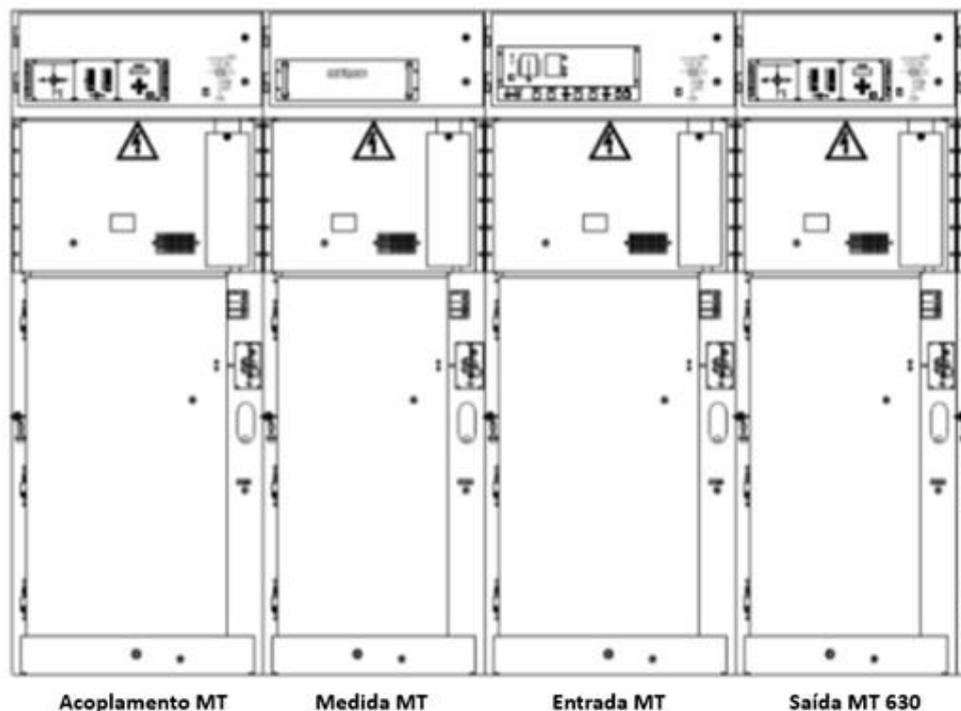


Figura 132 - Proteção e controle IED do transformador na linha de painéis de distribuição MT

d) Funções de Proteção – Banco de Capacitores

O sistema de proteção adotado para bancos de capacitores das SEDs deve prever, no mínimo, as seguintes funções de proteção:

- Função de subtensão (27);
- Função de sobrecorrente instantânea de fase (50);
- Função de sobrecorrente temporizada (51) de fase;
- Função de sobrecorrente instantânea de neutro (50N);
- Função de sobrecorrente instantânea temporizada de neutro (51N);
- Função de sobretensão (59);
- Função de sobretensão residual (59N);
- Função de falha do disjuntor (50/62BF);
- Função de desequilíbrio de neutro (61N);
- Função de bloqueio (86).

O sistema de proteção adotado nos bancos de capacitores das SED deve contemplar um relé de sobrecorrente multifunção, recebendo sinal do TC de desequilíbrio do banco e dos TCs associados ao disjuntor e sinal de tensão dos TPs instalados na barra de média tensão.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

Outras funções podem ser habilitadas neste relé, caso a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

e) Critérios de Habilitação e Atuação das Funções de Proteção – Banco de Capacitores

Para habilitação e atuação das principais funções de proteção, devem ser verificadas as informações a seguir:

- O relé de sobrecorrente multifunção do banco de capacitor deve enviar comando de abertura diretamente para o disjuntor do banco.
- A função falha de disjuntor (62BF), existente neste relé, deve enviar sinal de trip para o(s) disjuntor(es) geral de barra de média e/ou para o disjuntor de transferência e de interligação de barra conforme ilustrado nos diagramas unifilares, em anexo.
- A função 61 recebe sinal do TC de desequilíbrio do banco de capacitores e envia comando de abertura e bloqueio (86) para o disjuntor. As funções de sobrecorrente instantânea (50) e temporizada (51) de fase, funções instantâneas (50N) e temporizada (51N) de neutro, recebem sinal do transformador de corrente associado ao disjuntor do banco e também envia comando de abertura e bloqueio (86) para este disjuntor.

7.7.2.2.5. PROTEÇÃO DE CORRENTE ALTERNADA (CA) E CORRENTE CONTÍNUA (CC) DOS RELÉS

Os relés devem ter proteção individual no circuito de alimentação de corrente contínua CC e nos circuitos de alimentação de corrente alternada CA.

a) Proteção de Corrente alternada CA

Os circuitos CA oriundos dos secundários dos TPs devem ter as seguintes proteções:

- Proteção Geral: todos os transformadores de potencial TPs devem ter disjuntores termomagnéticos tripolares, com contatos auxiliares supervisionados pelo sistema digital, na caixa de ligação ou junção;
- Proteção Individual: todos os relés devem ter no circuito CA proteção individual através de disjuntores termomagnéticos tripolares, com contatos auxiliares supervisionados pelo sistema digital.

b) Proteção de Corrente Contínua CC

Todos os relés devem ter no circuito CC proteção individual através de disjuntores termomagnéticos bipolares, com contatos auxiliares supervisionados pelo sistema digital.



Figura 133 - Switchgear MT



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.7.2.2.6. UNIDADE REMOTA DE TERMINAL (UTR) E EQUIPAMENTO DE TELECOMUNICAÇÕES (TLC).

A Unidade de Terminal Remoto (UTR) adquire dados analógicos e digitais, status do dispositivo e eventos da subestação e transmite para o sistema SCADA.

A UTR deve fazer interface com dispositivos de controle e proteção, transdutores, IEDs, equipamentos de medição, dispositivos de comunicação, quadros de distribuição da fonte de alimentação e dispositivos relevantes.

A UTR deve permitir supervisão e controle em tempo real da subestação através do sistema SCADA.

A UTR estará de acordo com os Padrões Globais (GS). No entanto, se o GS não estiver disponível, podem ser adotadas especificações técnicas locais / regionais.

As UTRs devem executar as seguintes funções:

- Coleta e processamento das entradas de status digital, entradas analógicas, registros de eventos, valores acumulados e transmissão ao SCADA.
- Recebimento e processamento de comandos de controle digital e analógico do SCADA.
- Realiza a automação de rede local ou participa de uma automação de rede centralizada.

A UTR deve estar em conformidade com o protocolo IEC 61850 para comunicação com os IEDs. Além disso, outros protocolos podem eventualmente ser considerados; por exemplo. IEC 60870-5-101, 60870-5-104, IEC 61850, MODBUS (Serial e TCP / IP) e DNP 3.0 (Serial e TCP / IP).

As taxas de transmissão de dados para portas seriais e TCP / IP serão indicadas na especificação técnica.

A UTR deve iniciar e inicializar automaticamente sua função, após a restauração da energia, sem a necessidade de intervenção manual. Todas as reinicializações devem ser relatadas ao SCADA.

A sincronização da hora pode ser através do protocolo recebido do SCADA.

A UTR deve estar equipada com Recursos avançados de segurança cibernética, indicados nos requisitos GSTP901 - Segurança cibernética para dispositivos de proteção e controle.

A UTR estará em um painel independente (gabinete).

Além disso, haverá outro gabinete chamado painel TLC, onde serão localizados os equipamentos de telecomunicações e controle remoto.

A subestação AT / MT deve poder gerenciar um número significativo de sinais internos / externos através de uma rede de comunicação confiável. Consequentemente, a subestação deve poder evoluir para uma subestação digital através de atualização tecnológica a qualquer momento.

Dentro da subestação, haverá um barramento de comunicação (barramento de estação) entre os IEDs através de uma rede LAN com protocolo IEC 61850. O barramento da estação pode ser estendido para fora da Subestação Primária no caso de implementação da "Subestação Primária Digital Estendida".

Os sinais dos IEDs devem ser enviados para um switch / gateway para comunicação externa principalmente através de uma rede WAN.

Além disso, um dispositivo pode ser considerado para gerenciar os seguintes sinais:

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

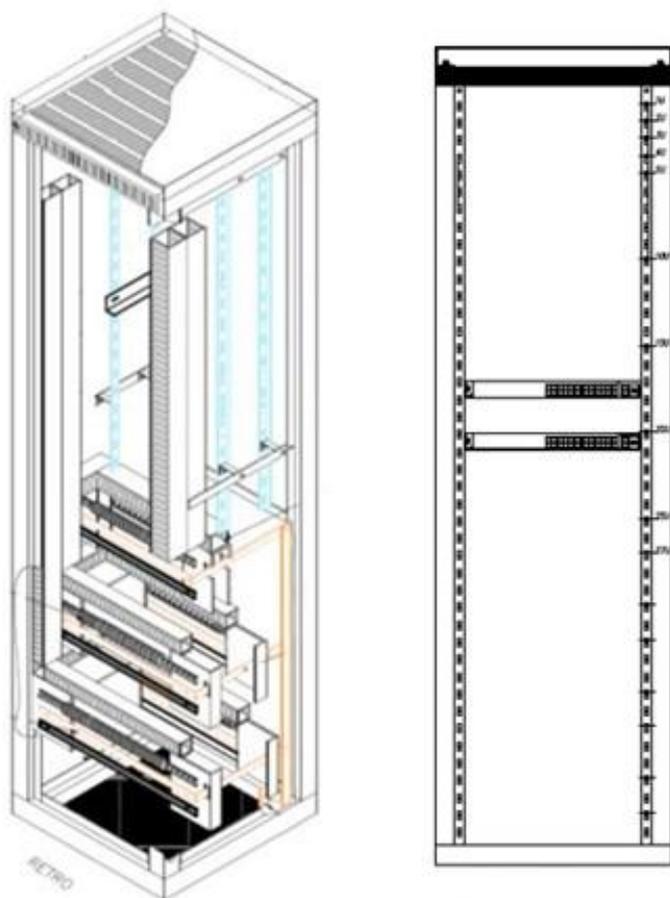
Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Câmera de vídeo
- Sensores de fumaça
- Contatos magnéticos para portas
- Antena GSM externa
- Sirene Externa
- Leitor de cartão de credencial
- Sinais ON / OFF do sistema
- Temperatura

De qualquer forma, os sinais e dispositivos finais serão confirmados e localizados de acordo com a definição do projeto.

**Figura 134** - Gabinete TLC



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.7.3. SISTEMA DE MEDIÇÃO

O SPCS adquire as medidas através das IEDs.

As IEDs devem possuir um módulo de entradas analógicas para adquirir medidas por fase, processá-las, apresentá-las no mímico da IED e enviá-las para os níveis superiores.

Com referência aos parâmetros medidos, os dispositivos devem considerar canais analógicos para a medição de correntes e tensões da fase. A partir dessas variáveis, também são obtidos outros valores relevantes, tais como frequência, potências e fator de potência.

As correntes secundárias dos transformadores de corrente podem ser 1 A ou 5 A, e os dispositivos devem ser adequados para incorporar esses valores, tanto para as funções de proteção, controle e / ou medição.

Além disso, o sistema pode adquirir outros valores operacionais importantes por meio de transdutores e dispositivos adequados (por exemplo, mA-sinais miliampères para t° e indicadores de nível e posição).

Os dispositivos (IEDs) devem poder mostrar ou obter as medidas elétricas, através da tela do dispositivo (IHM) ou das portas de comunicação disponíveis.

O módulo de aquisição analógica deve possuir um sistema de auto-teste que permita verificar o correto funcionamento em cada ciclo de medida, para que não haja a possibilidade de aquisição de medidas incorretas.

Uma falha de um módulo de aquisição analógica não deve provocar uma falha geral nos demais módulos de aquisição do sistema.

7.7.3.1. OSCILOGRAFIA

A oscilografia residente nas proteções pode ser obtida pela Unidade de Manutenção da Proteção e Automação das seguintes formas:

- A partir do nível 2, em forma remota e também em forma local;
- A partir de uma porta de comunicação do relé.

7.7.3.2. MEDIÇÃO DE SERVIÇOS AUXILIARES

Deve existir uma unidade de medição dos Serviços Auxiliares da subestação. Esta unidade deve realizar as medições de tensão, corrente, potência ativa, potência reativa, energia ativa e energia reativa. A unidade de medição deve possuir uma porta de comunicação para disponibilizar as medições para os níveis superiores.

O Fornecedor deve fornecer transdutores/medidores e todos os equipamentos anexos aos equipamentos de operação dos Serviços Auxiliares, com o fim de obter as medidas necessárias.

7.7.3.3. MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DOS TRANSFORMADORES

As medidas das temperaturas dos transformadores são realizadas através de monitores de temperatura, que vêm originalmente com os transformadores. Cada monitor de temperatura possui duas saídas analógicas de 4 a 20 mA, ou de ± 10 mA, sendo uma para a temperatura do óleo e a outra para temperatura do enrolamento. O SPCS deve possuir meios para a aquisição dos dados dos monitores de temperatura.

A medição de temperatura poderá ser adquirida através do protocolo de comunicação IEC 61850 utilizando fibra óptica com conector LC.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.7.3.4. MEDIÇÃO DA POSIÇÃO DO COMUTADOR DE DERIVAÇÃO SOB CARGA (CDC)

A posição do CDC do transformador deve ser informada ao SPCS por código BCD, por saídas de 4 mA a 20 mA, mediante integração do dispositivo regulador de tensão através de protocolo de comunicação ou TAP discreto.

7.8. APRESENTAÇÃO DO PROJETO

7.8.1. ELABORAÇÃO DO PROJETO

O projeto deve ser elaborado com a inteira responsabilidade do projetista, com a devida identificação (nome, CPF, habilitação pelo respectivo conselho de classe, telefone e endereço do responsável técnico), considerando os aspectos elétricos e dimensionamentos contidos nesta especificação técnica e nos padrões da Distribuidora.

As simbologias que devem ser adotadas nos diagramas unifilares e nas plantas de iluminação devem ser conforme normas brasileiras as especificações dos materiais desde que mantida a coerência e lógica de interpretação.

Devem ser utilizados materiais padronizados e homologados pela Enel.

Os projetos já devem ser desenvolvidos e utilizando a metodologia BIM.

Todos os projetos devem conter a aprovação dos órgãos que possam a vir impactar no processo (Prefeituras, Corpo de Bombeiro, Rodovias, Ferrovias e etc...), antes de serem liberados para a execução.

7.8.2. MEMORIAL DESCRITIVO

O Memorial Descritivo deve ser composto de:

- Identificação do projetista, com habilitação específica do conselho que determina suas atribuições;
- Objetivo da instalação;
- Nos casos de reforma e ou ampliação deve ser listado e descrito a instalação atual e a nova instalação como será entregue após a obra.
- Localização;
- Critérios técnicos do projeto;
- Relação dos equipamentos contendo quantitativos, as características técnicas principais e código SAP para aquisição;
- Relação de materiais menores contendo quantitativos, as características técnicas principais e código SAP para aquisição;
- Relação de serviços com os devidos baremos SAP de referência e quantitativos.

Nota: As listas de Baremos e materiais devem ser em excel separadas em suas devidas colunas.

Deve ser detalhado os temas de combate a incêndio, meio ambiente (Movimentação de terra) e sistema de separação de óleo e sanitário visando atender as demandas e solicitações dos órgãos ambientais para as devidas licenças.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

7.8.3. ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Deve ser apresentada uma via da Anotação de Responsabilidade Técnica – ART.

7.8.4. PROJETOS

O projeto da subestação deve ser apresentado em meio digital conforme a seguir:

- Projeto civil;
- Projeto eletromecânico;
- Projeto elétrico.

Quando solicitado pela unidade de Engenharia, o projeto também deve ser apresentado, em 3 vias, em meio físico.

7.8.4.1. PROJETO CIVIL E ELETROMECAÂNICO

O projeto civil e eletromecânico deve conter a seguinte documentação:

- Plantas, cortes e detalhes;
- Situação;
- Levantamento planialtimétrico;
- Sondagem;
- Terraplenagem (planta, cortes e detalhes);
- Planta de locação (pátios e acessos);
- Planta de locação (bases, caixas e canaletas);
- Planta de locação (postes);
- Arranjo físico geral;
- Malha de terra;
- Planta de eletrodutos;
- Iluminação e tomadas;
- Planta de locação de extintores;
- Drenagem de água pluviais (planta, cortes e detalhes);
- Drenagem de óleo;
- Instalação hidrossanitária;
- Casa de comando (planta, cortes e detalhes);
- Estrutura barramento AT;
- Estrutura barramento MT;
- Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas;



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Arranjo elétrico barramento AT;
- Arranjo elétrico barramento MT;
- Detalhes construtivos de obras civis, como bases dos equipamentos, canaletas, caixa de passagens etc.

7.8.4.2. PROJETO ELÉTRICO

O projeto elétrico deve conter a seguinte documentação:

- Diagrama unifilar de proteção e medição;
- Diagrama trifilar de proteção e medição;
- Arquitetura do sistema;
- Desenhos mecânicos dos painéis;
- Lista de material;
- Plaquetas de identificação;
- Manual de ligação;
- Diagrama lógico;
- Diagrama construtivo,
- Lista de cabos,
- Disposição de painéis na casa de controle;
- Diagramas de interligação;
- Diagrama funcional dos equipamentos;
- Diagrama topográfico.

7.8.4.3. DOCUMENTOS DE SPCS

Os desenhos dos projetos dos sistemas de proteção, controle e supervisão devem possuir todas as informações necessárias para atender às necessidades de montagem, comissionamento, operação e manutenção.

A documentação de projetos, hardware e software deve compreender ao menos o seguinte para o empreendimento:

- Diagrama Unifilar de Proteção, Controle e Automação;
- Especificação do SPCS;
- Arquitetura Detalhada do Sistema Digital;
- Diagramas Funcionais;
- Diagramas Lógicos;



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

- Desenhos Dimensionais/Construtivos contendo as vistas e cortes de todos os painéis, detalhando os módulos em suas localizações definitivas e diagrama de fiação interna;
- Listas de Materiais (Componentes de Painéis) detalhando a quantidade, principais características, modelo e fabricante de cada equipamento;
- Diagramas de Interligação Gráfica, mostrando claramente como se dará a interligação entre painéis e entre os painéis e os equipamentos de pátio;
- Listas de Cabos detalhando a quantidade de cabos, suas características e identificações;
- Manuais de todos os equipamentos do sistema de proteção, controle e supervisão, agrupados assim: Usuário, Operação e Manutenção;
- Plano de Inspeção e Testes (PIT) que se realizarão em fábrica e em campo.

7.9. COMISSIONAMENTO

Antes de ser energizada, a subestação deve ser inspecionada a fim de se verificar a conformidade com o projetos civil, eletromecânico e elétrico, com as normas técnicas e o seu correto acabamento. Devem ser feitos todos os testes operativos e ensaios com os equipamentos e instalações para a entrega definitiva e energização, além dos seguintes pontos:

- Sinalização e pintura;
- Funcionamento mecânico dos equipamentos de transformação, manobra e proteção;
- Acabamento das bases, canaletas e edificações;
- Limpeza de todos os locais utilizados durante a execução da obra, devendo todos os lugares ficarem limpos e livres de qualquer tipo de entulho, sobras de construção, galhos, gravetos, etc.

Após o pré-comissionamento com os itens listados acima, será realizado um comissionamento final com a presença da Operação e todas as demais áreas envolvidas.

7.10. PROJETO AS BUILT

Ao final do comissionamento, o projeto deve ser emitido em caráter "Como Construído" (As Built). O projeto final deve ser apresentado em 2 (duas) vias em meio físico e 2 (duas) vias em mídia digital contendo os arquivos correspondentes aos projetos no formato editável. Não serão aceitos documentos enviados exclusivamente em formato não editável.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

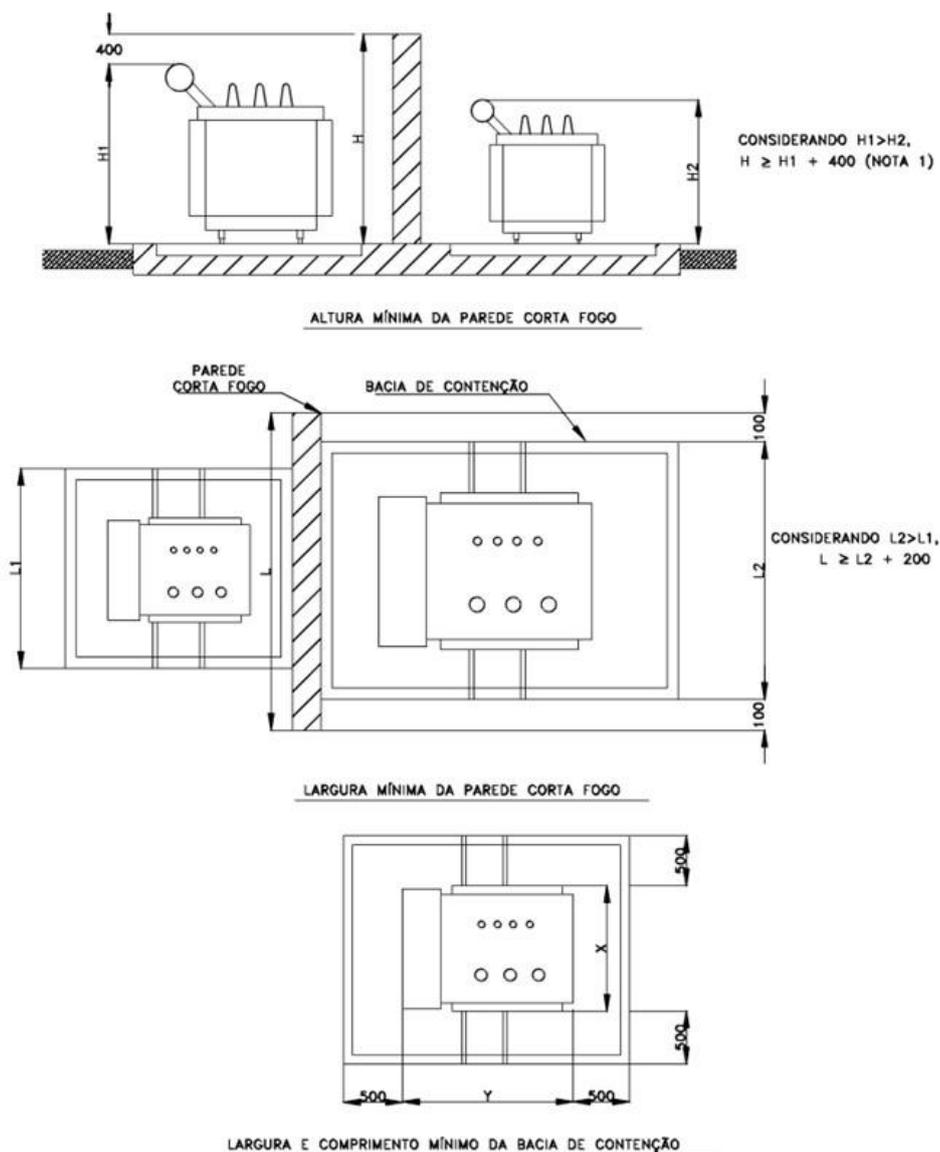
Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

8. ANEXOS

8.1. DESENHO 1 - PAREDE CORTA FOGO E BACIA DE CONTENÇÃO – DIMENSIONAL



Notas:

1. A altura da parede corta fogo deve ser superior em 400mm a altura do topo do tanque conservador de óleo do transformador de potência de maior altura;
2. A largura da parede corta fogo deve ser superior em 200mm a largura da bacia de contenção de maior largura;
3. As dimensões da bacia de contenção devem ultrapassar em 500mm a projeção do transformador;
4. Dimensões em milímetros, exceto onde especificado.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

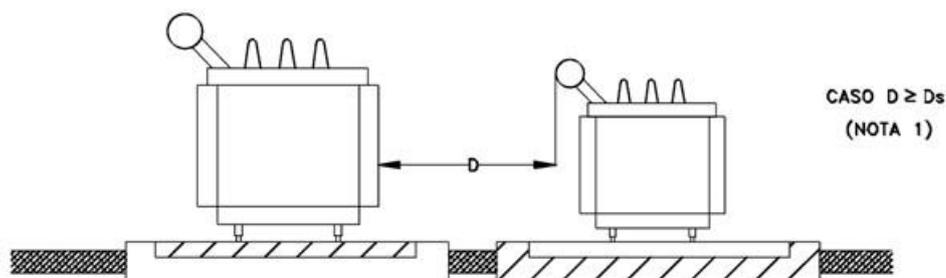
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

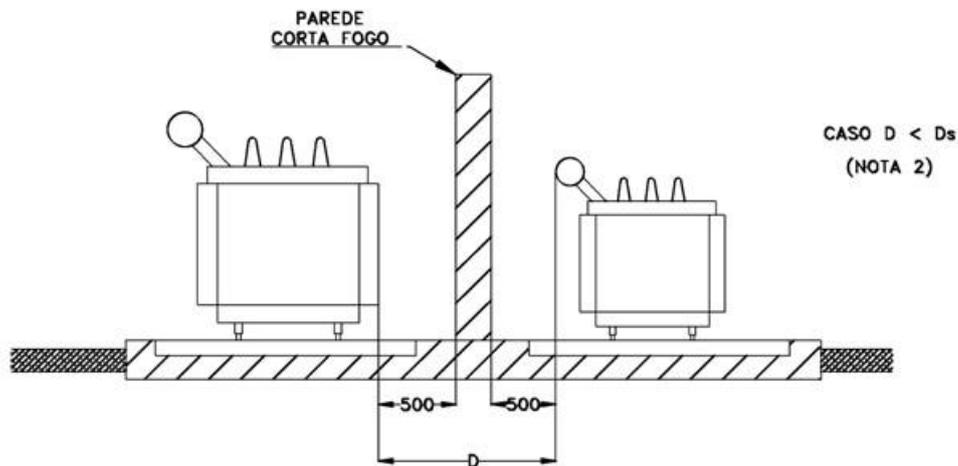
Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

8.2. DESENHO 2 - DISTÂNCIA ENTRE TRANSFORMADORES



INSTALAÇÃO DE TRANSFORMADORES SEM PAREDE CORTA FOGO



INSTALAÇÃO DE TRANSFORMADORES COM PAREDE CORTA FOGO

Notas:

1. Caso a distância entre os transformadores de potência seja igual ou superior a distância de segurança (D_s) indicada na Tabela 37, não há necessidade da instalação de parede corta fogo;
2. Caso a distância entre os transformadores de potência seja inferior a distância de segurança (D_s) indicada na tabela 37, deve ser instalada parede corta fogo;
3. A distância entre o transformador e a parede corta fogo deve ser de, no mínimo, 500mm;
4. Dimensões em milímetros, exceto onde indicado.

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

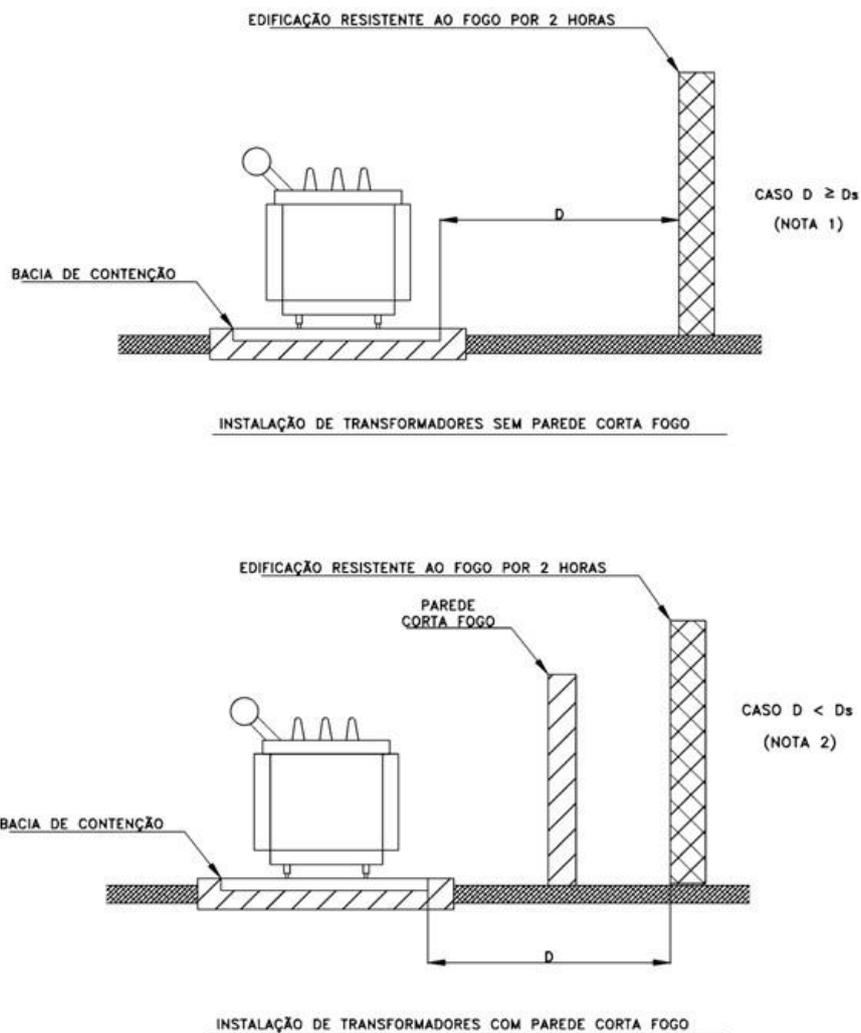
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

8.3. DESENHO 3 - DISTÂNCIA DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA PARA EDIFICAÇÕES



Notas:

1. Caso a distância entre os transformadores de potência e a edificação construída com parede resistente ao fogo por duas horas seja igual ou superior a distância de segurança (D_s) indicada na Tabela 38, não há necessidade da instalação de parede corta fogo;
2. Caso a distância entre os transformadores de potência e a edificação construída com parede resistente ao fogo por duas horas seja inferior a distância de segurança (D_s) indicada na Tabela 38, deve ser instalada parede corta fogo;
3. Caso a edificação não seja construída com parede resistente ao fogo por duas horas, a distância "D" a considerar deve ser conforme NBR 13231;
4. Dimensões em milímetros, exceto onde indicado.



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

8.4. ESQUEMAS E LAYOUTS DAS SUBESTAÇÕES LIBERTY

Com referência ao parágrafo 8 do "GRI-GRI-OPI-E&C-0001 ex OPI-E&C-ND-2022-0132-GRI - ex OI 2421" e a definição de 27 subtipos Liberty, para fornecer uma ferramenta para a primeira avaliação de viabilidade e orientação para um primeiro projeto, 15 layouts padrão foram projetados.

Os layouts são mostrados na composição típica que consiste em uma seção de AT feita de barra simples ou dupla (GIS ou híbrida), com duas linhas de AT (aérea na torre da cintura) e dois transformadores de AT/MT, uma seção de Média Tensão (Contêiner ou Alvenaria), um sistema formador de neutro (TFN e bobinas), baterias de capacitores de correção de fator de potência, uma caixa de Serviços Auxiliares e dutos para saída de MT, confeccionados de acordo com as indicações contidas no GRI-GRI-OPI-E&C-0005 HV / MV Subestações Obras civis.

Foram considerados os espaços úteis para a movimentação de transformadores AT/MT e contêineres.

Para configurações GIS assume-se apenas a chegada da linha AT em cabo e a instalação apenas no exterior.

Os layouts para soluções internas são totalmente indicativos.

Todos os layouts estão sujeitos às alterações necessárias devido a:

- Conformação do sítio e suas características geofísicas
- Localização da abertura de acesso
- Direção de chegada das linhas AT
- Distribuição de MTs de saída
- Configuração elétrica diferente
- Quaisquer componentes adicionais (ponta Franklin, transdutores AT adicionais para medição ou proteção, etc...)



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

8.4.1. TIPOS LIBERTY – ESQUEMAS BÁSICOS

	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A				
	1A.1											
	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B
		2C		4C		6C		8C		10C		12C

8.4.2. SUBTIPO ASSOCIAÇÃO - LAYOUT

Liberty	1.A	1.A.1	1.B	2.A	2.B	2.C	3.A	3.B	4.A	4.B	4.C	5.A	5.B
Figura	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Liberty	6.A	6.B	6.C	7.A	7.B	8.A	8.B	8.C	9.B	10.B	10.C	11.B	12.B	12.C
Figura	6	7	8	16	17	11	12	13	5	7	8	15	7	8



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

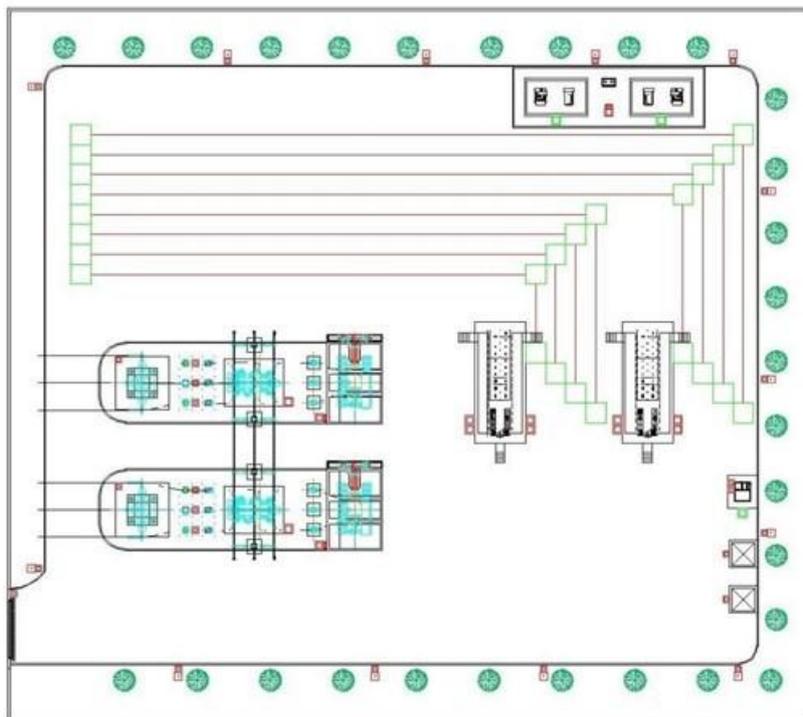
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

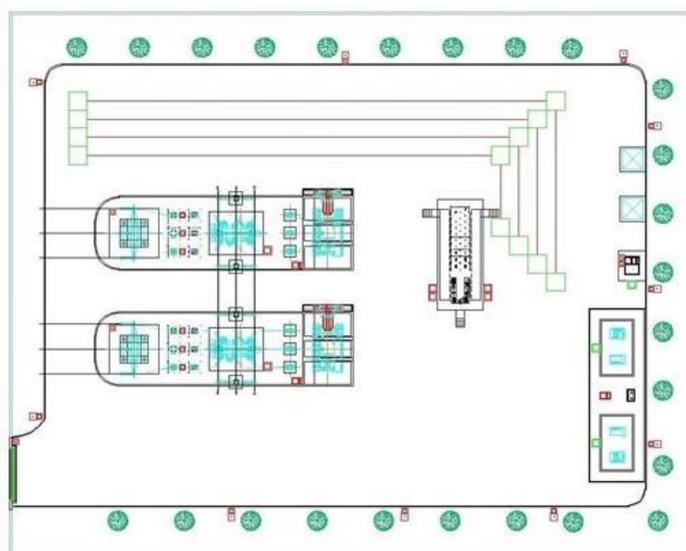
Linha de Negócio: Enel Grids

8.4.3. LIBERTY 1A



7000m²

8.4.4. LIBERTY 1A.1



5000m²



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

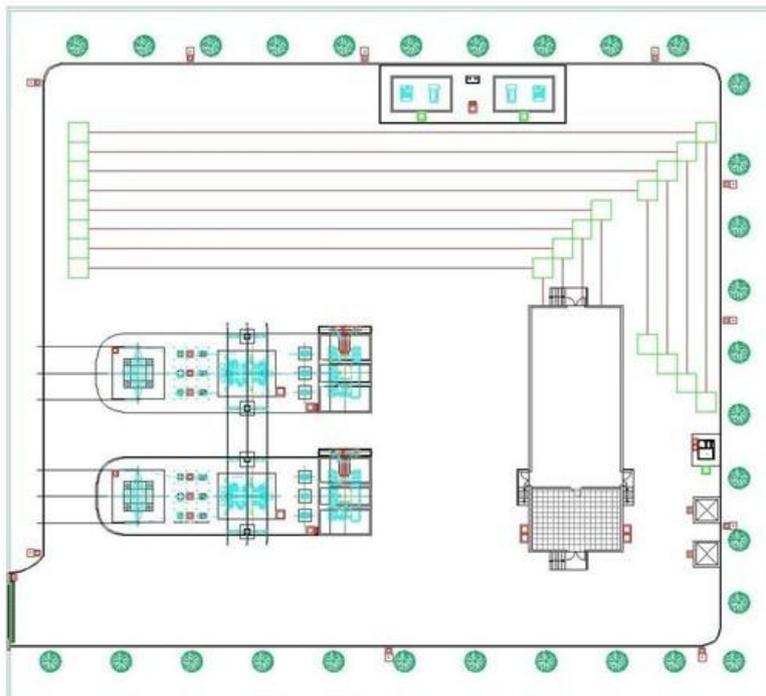
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

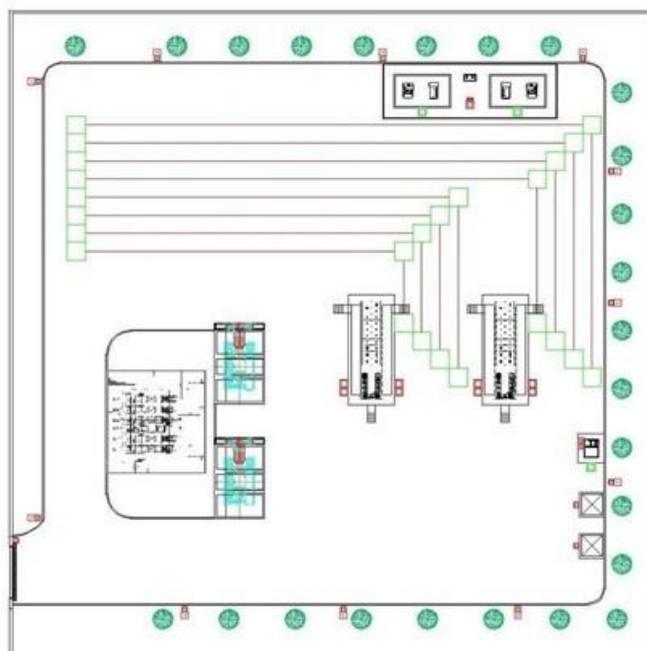
Linha de Negócio: Enel Grids

8.4.5. LIBERTY 1B - 9B



6900m²

8.4.6. LIBERTY 2A - 6A



6000m²

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

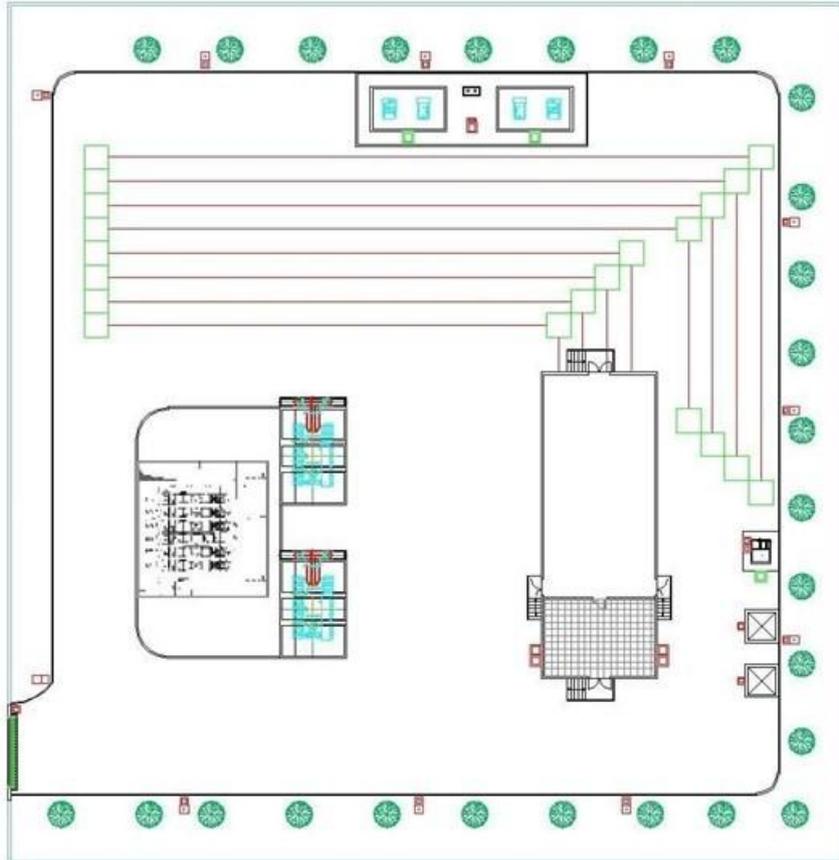
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

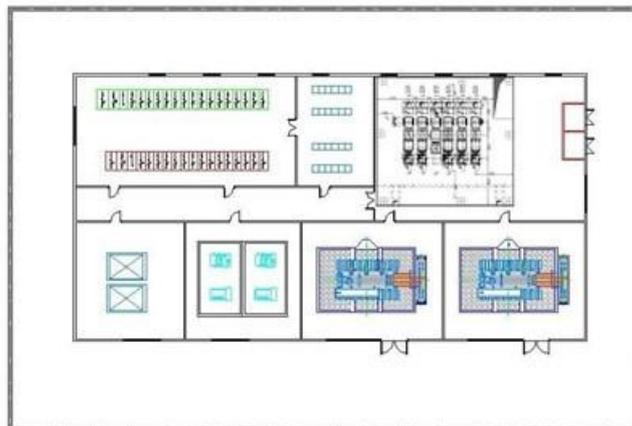
Linha de Negócio: Enel Grids

8.4.7. LIBERTY 2B – 6B – 10B – 12B



6000m²

8.4.8. LIBERTY 2C – 6C – 10C - 12C



2300m²



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

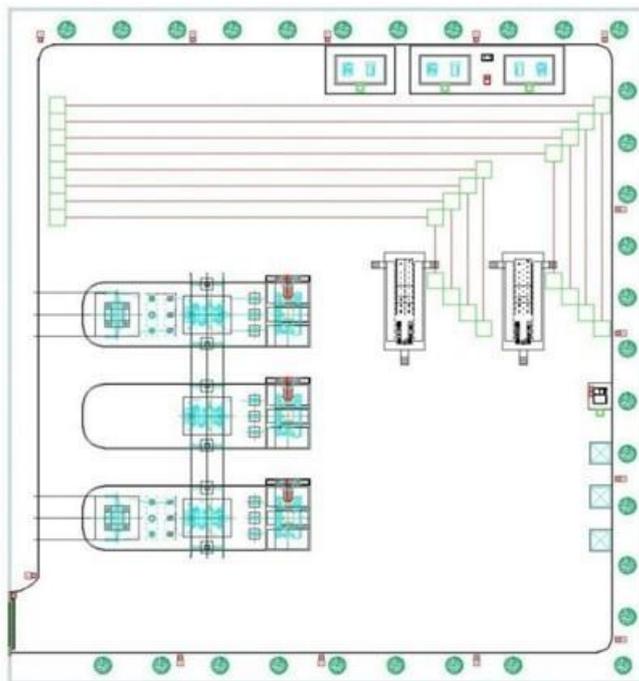
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

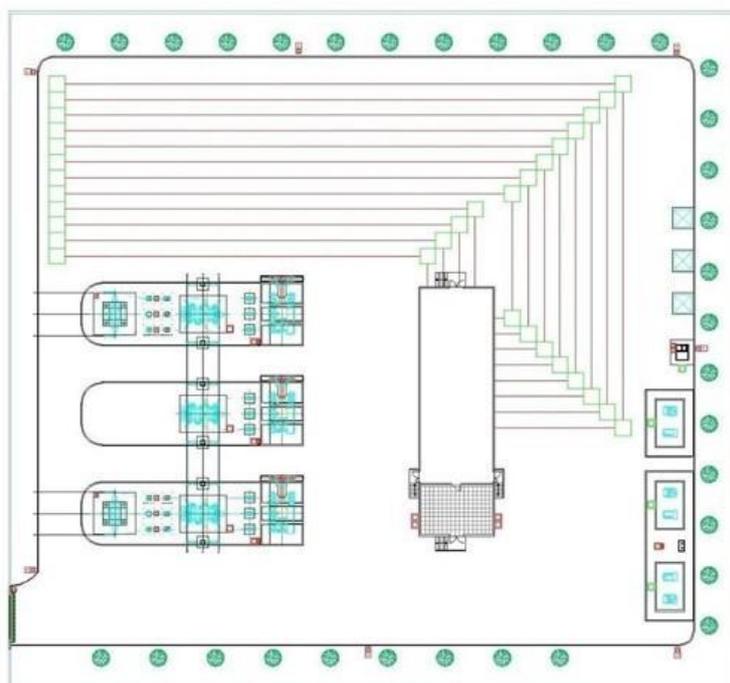
Linha de Negócio: Enel Grids

8.4.9. LIBERTY 3A



8000m²

8.4.10. LIBERTY 3B



9700m²

**Especificação Técnica** no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

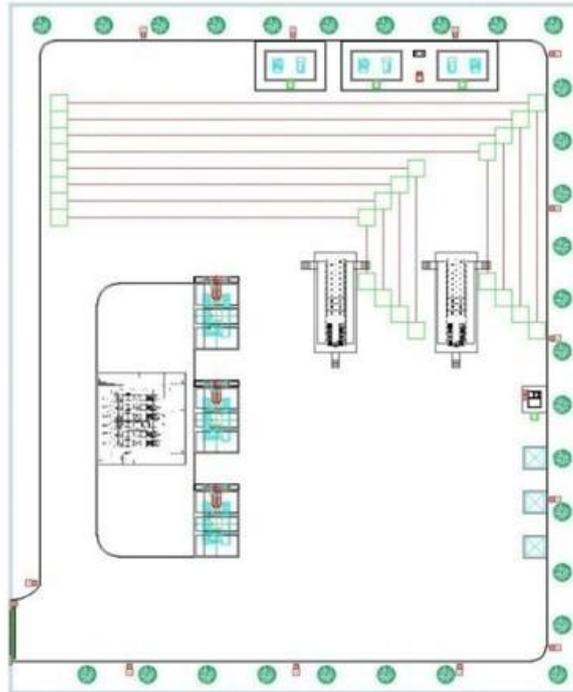
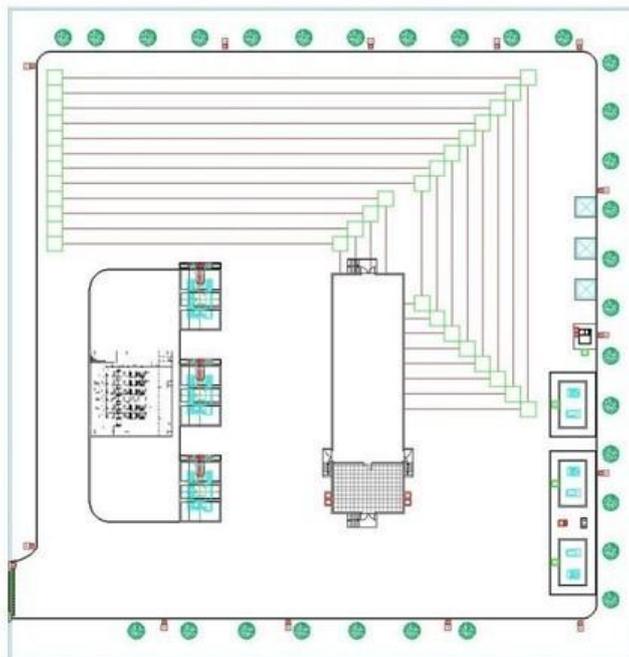
Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

8.4.11. LIBERTY 4A – 8A7000m²**8.4.12. LIBERTY 4B – 8B**8600m²



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

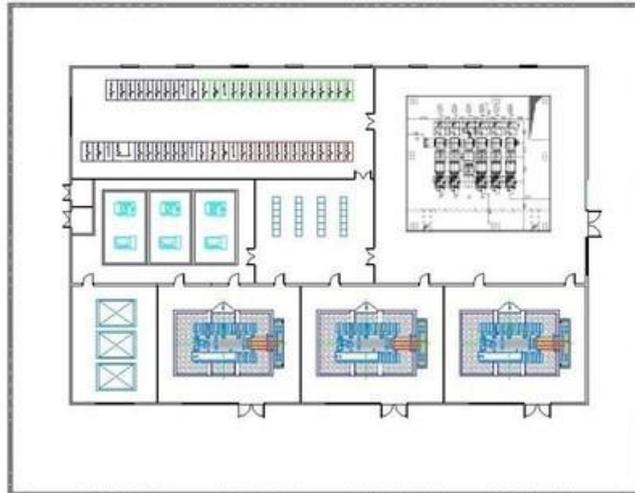
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

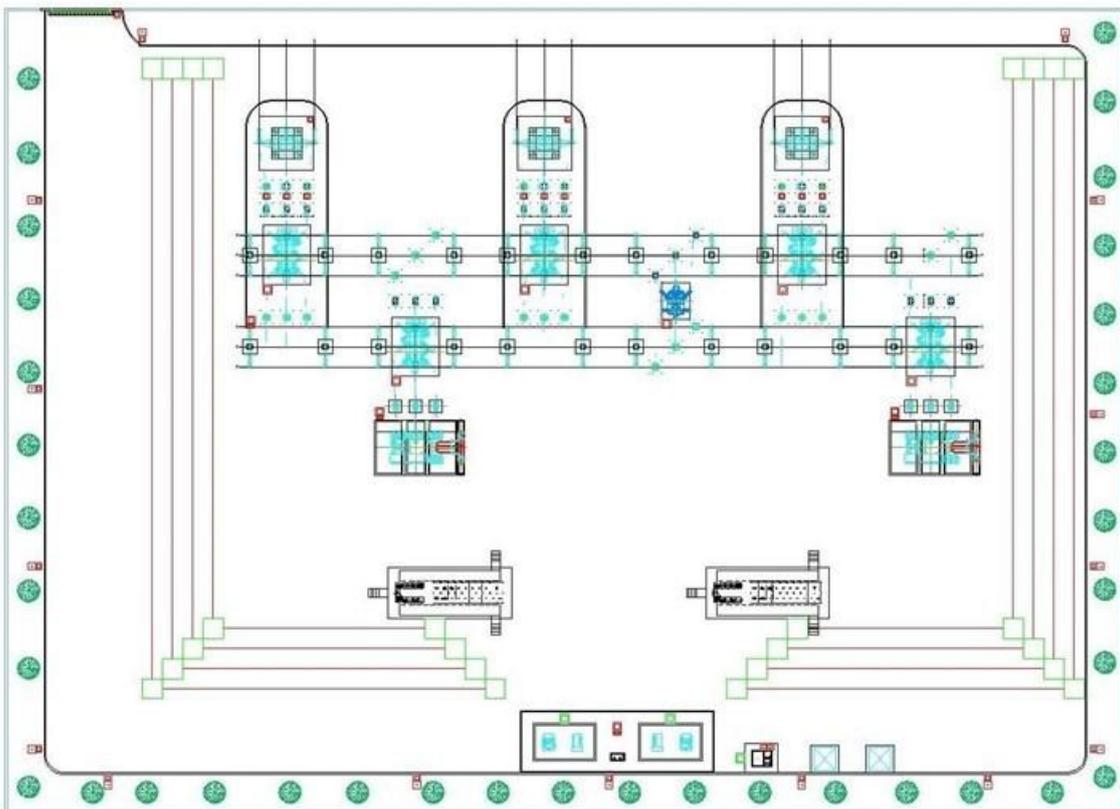
Linha de Negócio: Enel Grids

8.4.13. LIBERTY 4C – 8C



2600m²

8.4.14. LIBERTY 5A



10700m²

Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

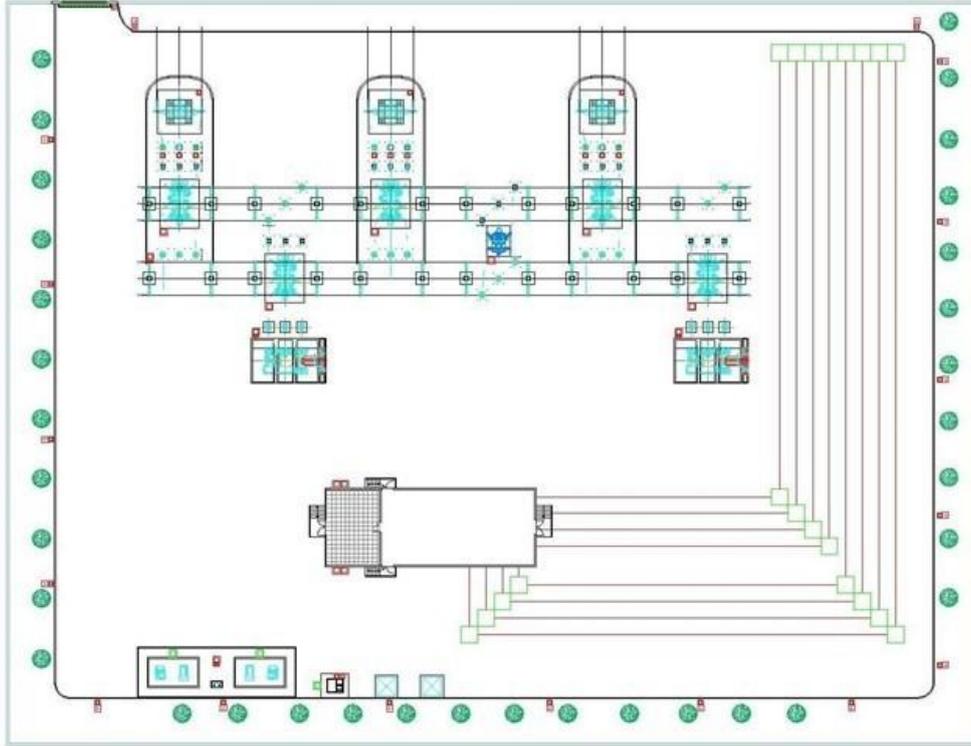
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

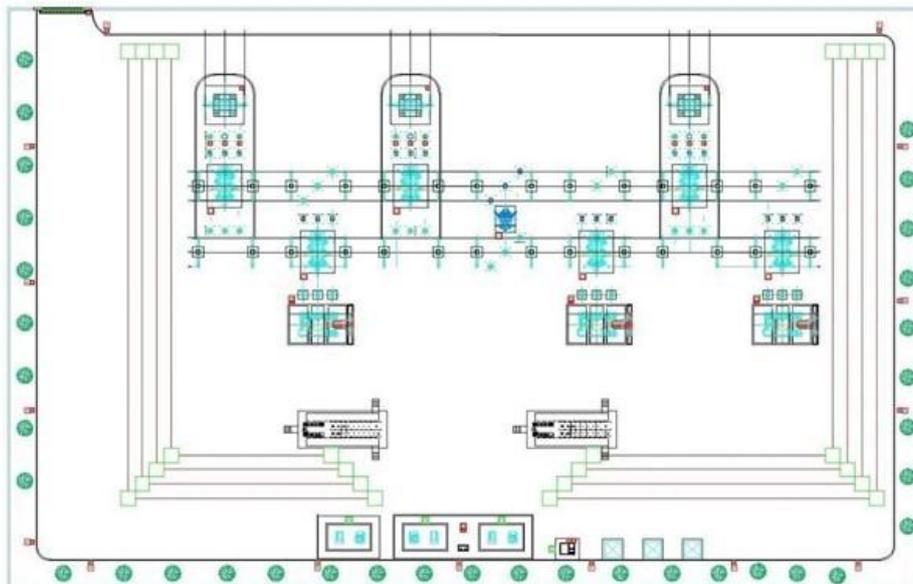
Linha de Negócio: Enel Grids

8.4.15. LIBERTY 5B – 11B



12800m²

8.4.16. LIBERTY 7A



12200m²



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

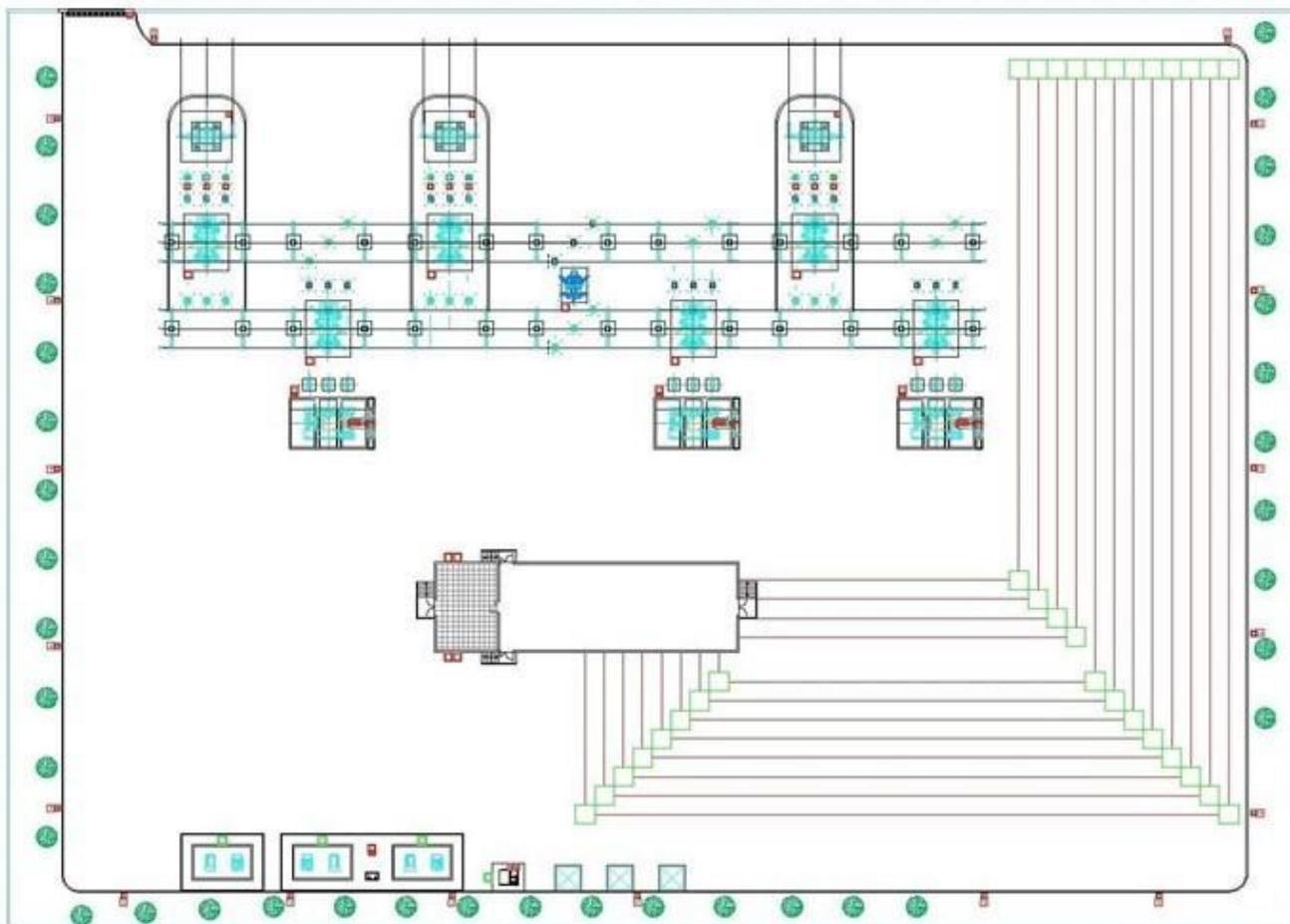
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

8.4.17. LIBERTY 7B



16000m²



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

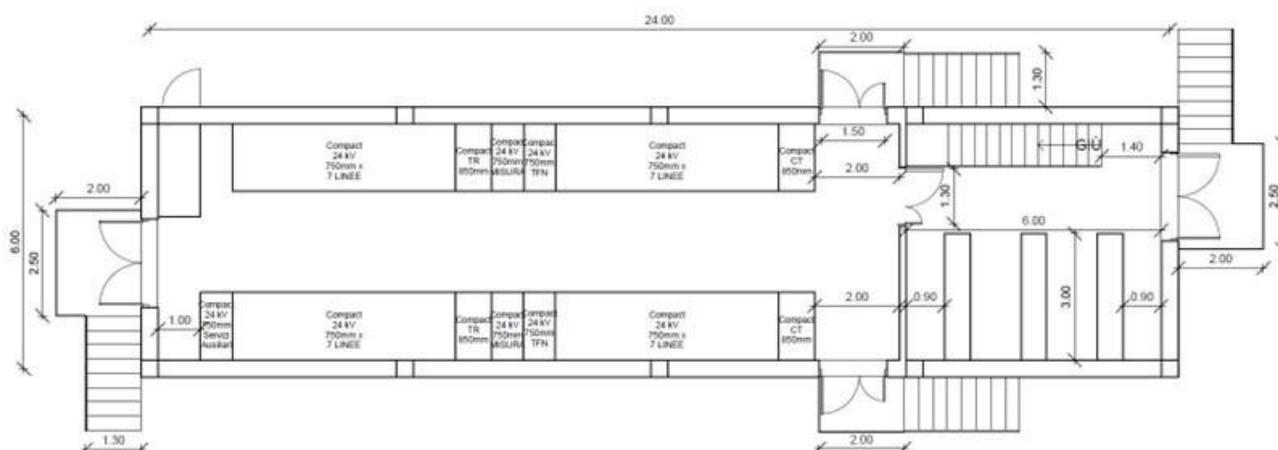
Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

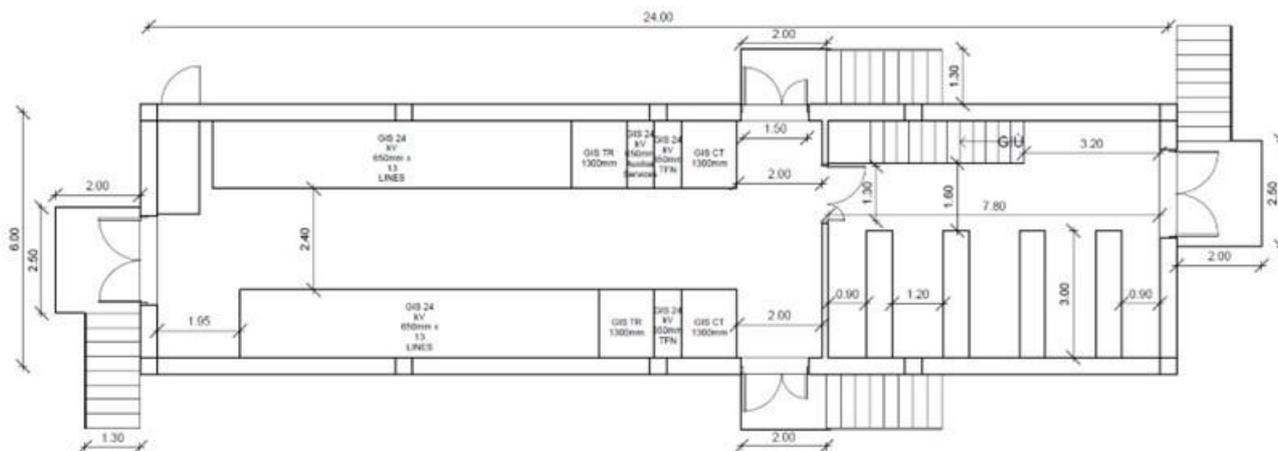
8.4.18. EXEMPLO DE LAYOUT DOS SWITCHGEAR DE MT NA SUBESTAÇÃO MT E SALA DE CONTROLE

Os layouts expressam a capacidade máxima das configurações descritas. A modularidade dos prédios em alvenaria permite a adaptação das dimensões às consistências específicas do projeto.

8.4.18.1. SOLUÇÃO SMALL – AIS COMPACTA, 2 TRANSFORMADORES



8.4.18.2. SOLUÇÃO SMALL – GIS, 2 TRANSFORMADORES



Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

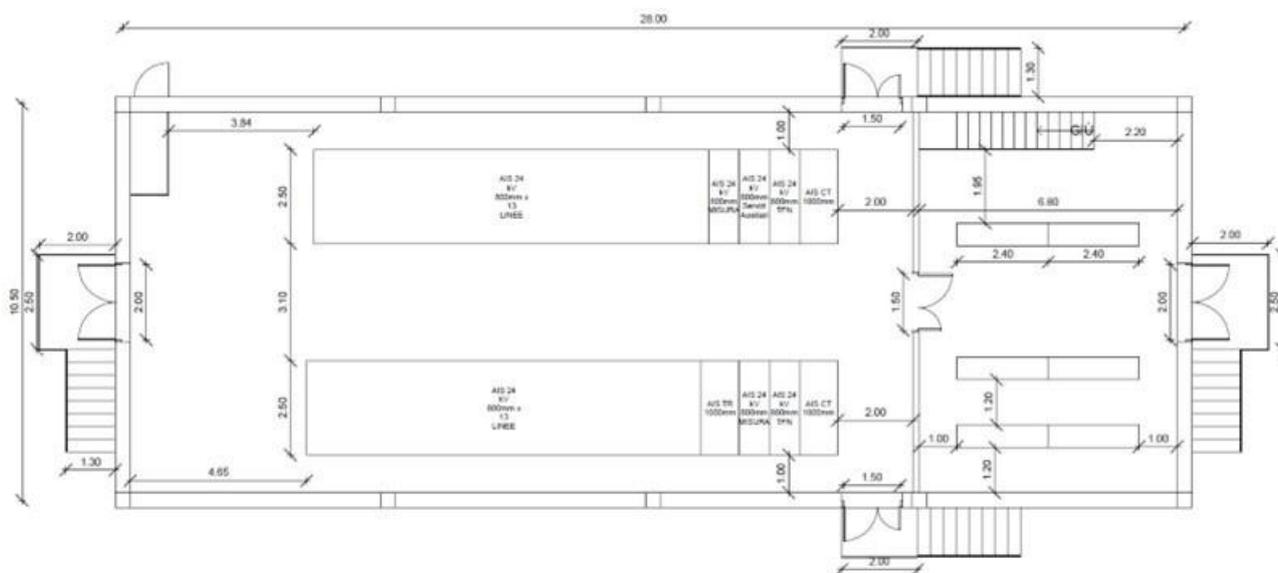
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

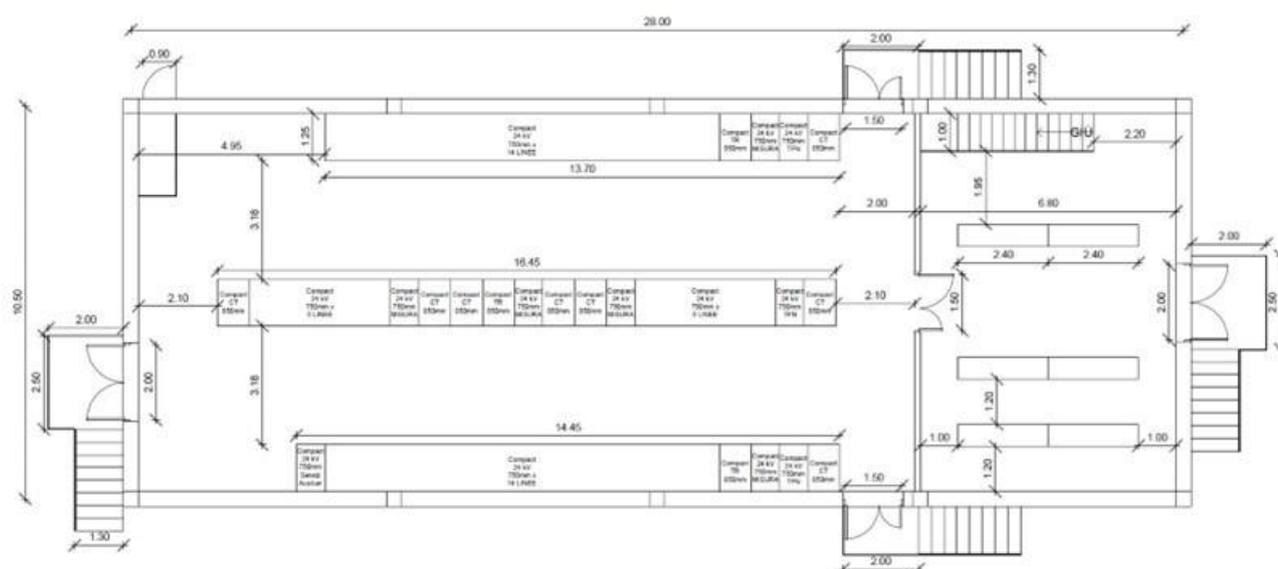
Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

8.4.18.3. SOLUÇÃO STANDARD – AIS, 2 TRANSFORMADORES



8.4.18.4. SOLUÇÃO STANDARD – AIS COMPACTA, 3 TRANSFORMADORES





Especificação Técnica no. 0007

cód.: GRI-EDBR-CNS-GRI-0007 / CNS-NDBR-DBR-19-0289-EDBR

Versão no.05 data: 23/09/2025

Assunto: Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Enel Grids

8.5. DIAGRAMAS UNIFILARES

Arquivo anexo ao documento.

9. VISTOS

<input type="checkbox"/> Quality Brazil Marcus Aurelio Mascaro Martinelli	<input type="checkbox"/> Permitting and Detail Design Brazil Silvana Flavia D'Andrea (a.i)
---	--