

## **APRESENTAÇÃO**

A MRS Estudos Ambientais apresenta à  
Ananai Transmissora Energia Elétrica S.A. o  
documento intitulado:

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL DAS  
ATIVIDADES RELATIVAS À LT 500 KV  
PONTA GROSSA – ASSIS C1 E C2 (CD)  
CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA**

O presente documento está sendo entregue  
em 01 via em meio digital

Julho de 2022

Alexandre Nunes da Rosa

**MRS Estudos Ambientais Ltda.**

## SUMÁRIO

<b>5</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA E ASPECTOS CONSTRUTIVOS E OPERACIONAIS DA LT .....</b>	<b>9</b>
5.1	CARACTERÍSTICAS DA LINHA DE TRANSMISSÃO.....	9
5.1.1	<i>ESTRUTURAS</i> .....	9
5.1.1.1	Tipos de Estruturas.....	9
5.1.1.2	Cabos Condutores .....	18
5.1.1.3	Cabos contrapeso .....	18
5.1.1.4	Cabos Para-raios.....	18
5.1.1.5	Ferragens.....	18
5.1.1.5.1	Cadeias de Suspensão e Ancoragem dos Cabos .....	18
5.1.1.5.2	Espaçadores Amortecedores.....	19
5.1.1.5.3	Amortecedores de vibração eólica .....	19
5.1.1.6	Isolamento .....	20
5.1.1.7	Isolamento contra descargas atmosféricas .....	20
5.1.1.8	Sistema de aterramento na linha de transmissão .....	21
5.1.1.9	Esferas de Sinalização.....	23
5.1.2	<i>FUNDAÇÕES</i> .....	24
5.1.2.1	Fundações em solos normais .....	24
5.1.2.2	Fundação em Tubulão .....	25
5.1.2.3	Fundação em Sapata .....	25
5.1.2.4	Fundação em Bloco Ancorado em Rocha.....	25
5.1.2.5	Fundação Estaiada.....	26
5.1.2.6	Fundação em Estacas e Especiais .....	26
5.1.3	<i>FAIXA DE SERVIDÃO</i> .....	26
5.1.3.1	Critérios para cálculo da faixa de servidão .....	27
5.1.3.1.1	Ventos básicos do projeto .....	27
5.1.3.1.2	Critério mecânico .....	27
5.1.3.1.3	Efeito Corona.....	28
5.1.3.1.4	Rádio Interferência.....	29
5.1.3.1.5	Ruído Audível .....	30
5.1.3.1.6	Campo Elétrico .....	30
5.1.3.1.7	Campo Magnético .....	31
5.1.3.2	Largura e área total para a faixa de servidão .....	32
5.1.4	<i>DISTÂNCIAS ELÉTRICAS DE SEGURANÇA</i> .....	32
5.1.4.1	Distâncias na condição operativa de longa duração .....	32
5.1.4.2	Distâncias na condição operativa de curta duração.....	34
5.1.4.3	Premissas do projeto para alteamento de torres.....	35
5.2	MEDIDAS DE SEGURANÇA DA LT .....	35
5.2.1	<i>RESTRIÇÕES AO USO DA FAIXA DE SERVIDÃO</i> .....	35
5.2.2	<i>ATERRAMENTO E SECCIONAMENTO DE CERCAS</i> .....	37
5.3	ESTRUTURAS LOCALIZADAS NA ADA QUE POSSAM REPRESENTAR RESTRIÇÕES .....	39

5.3.1	LINHAS DE TRANSMISSÃO .....	40
5.3.2	RODOVIAS.....	41
5.3.3	FERROVIAS.....	41
5.3.4	PIVÔS CENTRAIS.....	41
5.4	TÉCNICAS CONSTRUTIVAS ESPECIAIS .....	42
5.4.1	ÁREAS INUNDÁVEIS .....	42
5.4.2	ÁREAS FLORESTAIS.....	42
5.4.3	ÁREAS DE RESIDÊNCIAS E BENFEITORIAS .....	43
5.5	CARACTERÍSTICAS DAS SUBESTAÇÕES .....	43
5.5.1	SUBESTAÇÃO PONTA GROSSA .....	43
5.5.1.1	Localização .....	43
5.5.1.2	Propriedade e regularidade ambiental .....	43
5.5.1.3	Características operacionais e ampliação .....	44
5.5.1.4	Setor 500 kV .....	47
5.5.1.4.1	Valores nominais .....	47
5.5.1.4.2	Valores de curto-circuito .....	47
5.5.1.4.3	Espaçamentos Elétricos.....	47
5.5.1.5	Condutores e Barramentos .....	47
5.5.1.5.1	Barramentos.....	48
5.5.1.5.2	Condutores Isolados – baixa tensão .....	48
5.5.1.6	Sistema de aterramento e blindagem .....	48
5.5.1.7	Canaletas e caixas de passagem.....	49
5.5.1.8	Iluminação e tomadas .....	49
5.5.1.8.1	Iluminação do Pátio.....	49
5.5.1.8.2	Tomadas do Pátio .....	49
5.5.1.9	Blindagem contra descargas atmosféricas .....	50
5.5.1.10	Isoladores de pedestal e cadeias de isoladores.....	50
5.5.1.11	Conectores .....	50
5.5.1.12	Fundações .....	51
5.5.1.12.1	Cargas Devidas ao Vento e Curto-Circuito .....	51
5.5.2	SUBESTAÇÃO ASSIS.....	52
5.5.2.1	Localização .....	52
5.5.2.2	Propriedade e regularidade ambiental .....	52
5.5.2.3	Características operacionais e ampliação .....	52
5.5.2.4	Setor 500 kV .....	55
5.5.2.4.1	Valores nominais .....	55
5.5.2.4.2	Valores de curto-circuito .....	55
5.5.2.4.3	Espaçamentos Elétricos.....	55
5.5.2.5	Condutores e Barramentos .....	55
5.5.2.5.1	Barramentos.....	56
5.5.2.5.2	Condutores Isolados – baixa tensão .....	56
5.5.2.6	Sistema de aterramento e blindagem .....	56
5.5.2.7	Canaletas e caixas de passagem.....	57

5.5.2.8	Iluminação e tomadas .....	57
5.5.2.8.1	Iluminação do Pátio .....	57
5.5.2.8.2	Tomadas do Pátio .....	57
5.5.2.9	Blindagem contra descargas atmosféricas .....	58
5.5.2.10	Isoladores de pedestal e cadeias de isoladores.....	58
5.5.2.11	Conectores .....	58
5.5.2.12	Fundações .....	59
5.5.2.12.1	Cargas Devidas ao Vento e Curto-Circuito .....	59
5.6	RISCOS DE ACIDENTES .....	60
5.7	ESTRADAS E VIAS EXISTENTES .....	63
5.8	ÁREAS DE APOIO ÀS OBRAS DA LT .....	67
5.8.1	CANTEIROS DE OBRAS .....	67
5.8.2	ESTRUTURAS PREVISTAS PARA AS ÁREAS DE APOIO .....	68
5.8.2.1	Escritórios.....	68
5.8.2.2	Ambulatório .....	68
5.8.2.3	Alojamento.....	69
5.8.2.4	Auditório/Área de Vivência/Lazer .....	69
5.8.2.5	Almoxarifado.....	69
5.8.2.6	Galpão Mecânica.....	69
5.8.2.7	Refeitório e Cozinha .....	70
5.8.2.8	Caixa de Gordura.....	70
5.8.2.9	Vestiários.....	70
5.8.2.10	Banheiros .....	71
5.8.2.11	Lavanderia .....	71
5.8.2.12	Guarita/Portaria .....	71
5.8.2.13	Central de Concreto .....	72
5.8.2.14	Pátio de estocagem de materiais .....	72
5.8.2.15	Depósito Temporário de Resíduos Sólidos.....	72
5.8.2.16	Área de geradores/abastecimento de máquinas .....	73
5.8.2.17	Planta de Combustível (Plant) .....	74
5.8.2.18	Tratamento de Efluentes.....	74
5.8.2.19	Abastecimento de Água .....	76
5.8.2.20	Cercas de Divisas Externas .....	77
5.8.2.21	Acessos Internos .....	77
5.8.2.22	Área para Estacionamento de Veículos e Equipamentos .....	78
5.8.3	ATIVIDADES E CONTROLES AMBIENTAIS PREVISTOS PARA INSTALAÇÃO DO CANTEIRO .....	78
5.8.3.1	Supressão vegetal .....	78
5.8.3.2	Nivelamento do terreno.....	78
5.8.3.3	Bota fora.....	78
5.8.3.4	Construção civil .....	78
5.8.3.5	Sistema de Drenagem .....	78
5.8.3.6	Sinalização do canteiro.....	79
5.8.3.7	Controle de Emissões Atmosféricas .....	79

5.8.3.8	Gestão de Resíduos Sólidos.....	79
5.8.3.9	Fornecimento de Energia Elétrica .....	80
5.8.3.10	Desmobilização .....	80
5.8.3.11	Layout geral dos canteiros de obras.....	80
5.9	ÁREAS DE APOIO ÀS OBRAS DAS SUBESTAÇÕES.....	81
5.9.1	Alojamentos.....	82
5.9.2	Fornecimento de combustíveis .....	82
5.9.3	Terraplanagem e Bota-fora .....	82
5.9.4	Abastecimento de água.....	82
5.9.5	Banheiros.....	82
5.9.6	Fornecimento de energia.....	82
5.9.7	Baia de armazenamento temporário de resíduos .....	83
5.9.8	Fornecimento de concreto .....	83
5.10	ETAPAS E ATIVIDADES DO EMPREENDIMENTO .....	83
5.10.1	<i>CRONOGRAMA FÍSICO E CUSTO GLOBAL DO PROJETO</i> .....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 94 – TORRE ESTAIADA DE SUSPENSÃO LEVE (APEL). .....	11
FIGURA 95 – TORRE ESTAIADA DE SUSPENSÃO MÉDIA (APEM). .....	12
FIGURA 96 – TORRE AUTOPORTANTE DE SUSPENSÃO LEVE (APSL). .....	13
FIGURA 97 – TORRE AUTOPORTANTE DE SUSPENSÃO REFORÇADA (APSP). .....	14
FIGURA 98 – TORRE AUTOPORTANTE DE ANCORAGEM MEIO DE LINHA (APAA). .....	15
FIGURA 99 – TORRE AUTOPORTANTE DE AUTOPORTANTE ANCORAGEM TERMINAL (APAT). .....	16
FIGURA 100 – TORRE AUTOPORTANTE DE SUSPENSÃO PARA TRANSPOSIÇÃO (APTR). .....	17
FIGURA 101 – ESQUEMA DE ATERRAMENTO DE ESTRUTURAS AUTOPORTANTES EM 6 FASES. ....	22
FIGURA 102 – DETALHE DO ATERRAMENTO DE ESTRUTURAS AUTOPORTANTES. ....	23
FIGURA 103 – ESQUEMA DE ATERRAMENTO DE ESTRUTURAS ESTAIADAS EM 6 FASES. ....	23
FIGURA 104 – DETALHE DO ATERRAMENTO DE ESTRUTURAS ESTAIADAS. ....	23
FIGURA 105 – FÓRMULA PARA CÁLCULO DA VELOCIDADE DO VENTO A PARTIR DA ALTURA MÉDIA DOS CONDUTORES. ....	28
FIGURA 106 – ESQUEMA ILUSTRATIVO DA LT, PRAÇA DE ESTRUTURAS, FAIXA DE SERVIÇO E FAIXA DE SERVIDÃO. ....	32
FIGURA 107 – PERFIL DO CAMPO ELÉTRICO DA LT .....	34
FIGURA 108 – SECCIONAMENTOS E ATERRAMENTOS TÍPICOS EM CERCA. ....	38
FIGURA 109 – CERCA SECCIONADA E ATRRADA. ....	38
FIGURA 110 – ESQUEMA DE ATERRAMENTO INTERMEDIÁRIO DE CERCAS. ....	38
FIGURA 111 – ESQUEMA DE ATERRAMENTO EM CERCAS TRANSVERSAIS À FAIXA. ....	39
FIGURA 112 – ESQUEMA DE ATERRAMENTO EM PORTEIRAS NAS CERCAS TRANSVERSAIS À FAIXA. ....	39
FIGURA 113 – SE PONTA GROSSA – ÁREA DA AMPLIAÇÃO E CANTEIRO DE OBRAS. ....	44
FIGURA 114 – ARRANJO FÍSICO DA SE PONTA GROSSA. ....	46
FIGURA 115 – SE ASSIS – ÁREA DA AMPLIAÇÃO E CANTEIRO DE OBRAS. ....	53
FIGURA 116 – ARRANJO FÍSICO DA SE ASSIS. ....	54
FIGURA 117 – LAYOUT DO DEPÓSITO TEMPORÁRIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. ....	73
FIGURA 118 – LAYOUT DO ABRIGO DE GERADORES E ABASTECIMENTO DE MÁQUINAS. ....	74
FIGURA 119 – CORTE DO SISTEMA FOSSA, FILTRO ANAERÓBIO E SUMIDOURO (ALTERNATIVA 1). ....	75
FIGURA 120 – CORTE DO SISTEMA FOSSA, FILTRO ANAERÓBIO E SUMIDOURO (ALTERNATIVA 2). ....	75
FIGURA 121 – ESQUEMA ILUSTRATIVO DA SOLUÇÃO ALTERNATIVA DE ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO DE EFLUENTES. ....	76
FIGURA 122 – ESQUEMA ILUSTRATIVO DAS CAIXAS D'ÁGUA. ....	77
FIGURA 123 – LAYOUT DOS CANTEIROS DE OBRAS E ESTRUTURAS DE APOIO DAS SUBESTAÇÕES. ....	81

## ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 44 – TIPO DE FUNDAÇÃO UTILIZADA POR ESTRUTURA. ....	26
QUADRO 45 – LINHAS DE TRANSMISSÃO EXISTENTES INTERCEPTADAS PELA LT PONTA GROSSA-ASSIS. ....	40
QUADRO 46 – RODOVIAS EXISTENTES INTERCEPTADAS PELA LT PONTA GROSSA-ASSIS. ....	41
QUADRO 47 – FERROVIAS INTERCEPTADAS PELA LT PONTA GROSSA-ASSIS. ....	41
QUADRO 48 – PIVÔS CENTRAIS LOCALIZADOS NA ADA DA LT PONTA GROSSA-ASSIS. ....	42
QUADRO 49 – CRONOGRAMA FÍSICO DAS ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO. ....	90

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 123 – DADOS TÉCNICOS DA LT 500 kV PONTA GROSSA-ASSIS. ....	9
TABELA 124 – CARACTERÍSTICAS GERAIS RELACIONADAS ÀS ESTRUTURAS DA LT. ....	9
TABELA 125 – TIPOS E DIMENSÕES DAS ESTRUTURAS DA LT 500kV PONTA GROSSA-ASSIS. ....	9
TABELA 126 – CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CONDUTORES. ....	18
TABELA 127 – CARACTERÍSTICAS DOS CABOS PARA-RAIOS A SEREM UTILIZADOS NO EMPREENDIMENTO.....	18
TABELA 128 – DADOS DE ENTRADA PARA CÁLCULO DE DESEMPENHO EM SURTOS ATMOSFÉRICOS. ....	20
TABELA 129 – TAXA DE DESLIGAMENTOS POR 100 KM POR ANO. ....	20
TABELA 130 – FASES DO SISTEMA DE ATERRAMENTO. ....	22
TABELA 131 - VELOCIDADES DE PROJETO (KM/H), TERRENOS TIPO B, MEDIÇÕES FEITAS A 10 M DE ALTURA. ....	27
TABELA 132 - VELOCIDADE DE VENTO PARA ÂNGULO DE BALANÇO. ....	27
TABELA 133 - ÂNGULO DE BALANÇO DAS ESTRUTURAS PREDOMINANTES EM ALINHAMENTO. ....	28
TABELA 134 - LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO EM FUNÇÃO DOS ÂNGULOS DE BALANÇO.....	28
TABELA 135 - GRADIENTE CRÍTICO X GRADIENTE SUPERFICIAL NAS FASES. ....	29
TABELA 136 - RÁDIO INTERFERÊNCIA NO LIMITE DA FAIXA (dB). ....	29
TABELA 137 - RÁDIO INTERFERÊNCIA TODOS OS TEMPOS. ....	30
TABELA 138 - RUÍDO AUDÍVEL (DBA). ....	30
TABELA 139 - CAMPO ELÉTRICO A 1,5 M DO SOLO (kV/M). ....	31
TABELA 140 – CORRENTE INDUZIDA. ....	31
TABELA 141 - CAMPO MAGNÉTICO (A/M). ....	32
TABELA 142 – DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA NA CONDIÇÃO OPERATIVA DE LONGA DURAÇÃO. ....	33
TABELA 143 – DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA NA CONDIÇÃO OPERATIVA DE CURTA DURAÇÃO.....	35
TABELA 144 – EQUIPAMENTOS A SEREM INSTALADOS NA SE PONTA GROSSA. ....	44
TABELA 145 – VALORES NOMINAIS DO SETOR 500 kV DA SE PONTA GROSSA. ....	47
TABELA 146 – VALORES DE CURTO CIRCUITO DO SETOR 500 kV DA SE PONTA GROSSA.....	47
TABELA 147 – ESPAÇAMENTOS ELÉTRICOS DO SETOR 500 kV DA SE PONTA GROSSA.....	47
TABELA 148 – ILUMINAÇÃO HORIZONTAL MÍNIMA A NÍVEL DA BRITA NO SETOR 500 kV DA SE PONTA GROSSA.....	49
TABELA 149 – FUNDAÇÕES PARA CARGAS DO PROJETO.....	51
TABELA 150 – EQUIPAMENTOS A SEREM INSTALADOS NA SE ASSIS. ....	52
TABELA 151 – VALORES NOMINAIS DO SETOR 500 kV DA SE ASSIS. ....	55
TABELA 152 – VALORES DE CURTO CIRCUITO DO SETOR 500 kV DA SE ASSIS.....	55
TABELA 153 – ESPAÇAMENTOS ELÉTRICOS DO SETOR 500 kV DA SE ASSIS.....	55
TABELA 154 - ILUMINAÇÃO HORIZONTAL MÍNIMA A NÍVEL DA BRITA NO SETOR 500 kV DA SE PONTA GROSSA. ....	57
TABELA 155 - FUNDAÇÕES PARA CARGAS DO PROJETO. ....	59
TABELA 156 – PRINCIPAIS RISCOS DE ACIDENTES RELACIONADOS ÀS FASES DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DA LT. ....	61
TABELA 157 – RODOVIAS E VIAS LOCAIS DE ACESSO À FAIXA DE SERVIDÃO DA LT PONTA GROSSA-ASSIS.....	63



## 5 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA E ASPECTOS CONSTRUTIVOS E OPERACIONAIS DA LT

Este item apresenta os dados gerais e a caracterização técnica do projeto da Linha de Transmissão 500 kV Ponta Grossa-Assis C1 e C2 (CD) e da ampliação das subestações SE Ponta Grossa e SE Assis, objeto de licenciamento ambiental junto ao IBAMA.

### 5.1 CARACTERÍSTICAS DA LINHA DE TRANSMISSÃO

A seguir são apresentadas as características gerais relativas à Linha de Transmissão 500 kV Ponta Grossa-Assis C1 e C2 (CD) e estruturas associadas:

**Tabela 1 – Dados técnicos da LT 500 kV Ponta Grossa-Assis.**

Origem	Destino	Tensão nominal	Nº Circuitos	Nº fases	Extensão total	Largura Faixa servidão (m)	Largura Faixa serviço (m)
SE Ponta Grossa	SE Assis	500 kV	2 circuitos (C1 e C2)	3 fases por circuito	275,63	68	5

#### 5.1.1 ESTRUTURAS

A tabela a seguir apresenta as características gerais previstas para as estruturas da LT:

**Tabela 2 – Características gerais relacionadas às estruturas da LT.**

Características	LT 500 kV Ponta Grossa-Assis
Nº estimado de torres	573
Estimativa de torre tipo estaiada	433 (75,57%)
Estimativa de torre tipo autoportante	140 (24,43%)
Distância média entre os vãos	490 m
Tipo de cabo condutor previsto	CAL (AI 1120)
Tipo de isolador previsto	Polimérico
Estruturas especiais	N/A

#### 5.1.1.1 Tipos de Estruturas

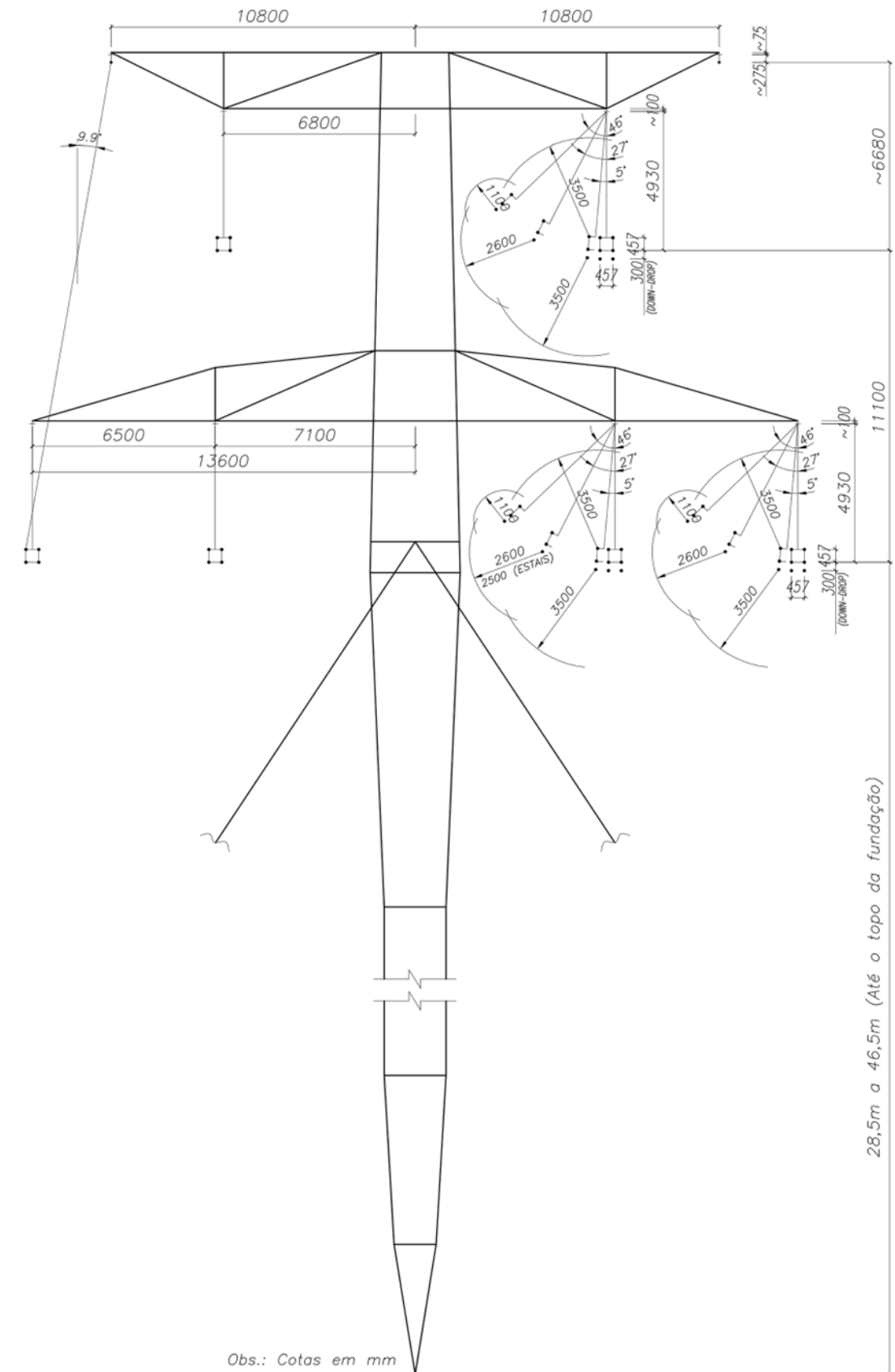
A Tabela 3 apresenta o detalhamento das estruturas previstas para o empreendimento LT 500 kV Ponta Grossa-Assis e suas dimensões:

**Tabela 3 – Tipos e dimensões das estruturas da LT 500kV Ponta Grossa-Assis.**

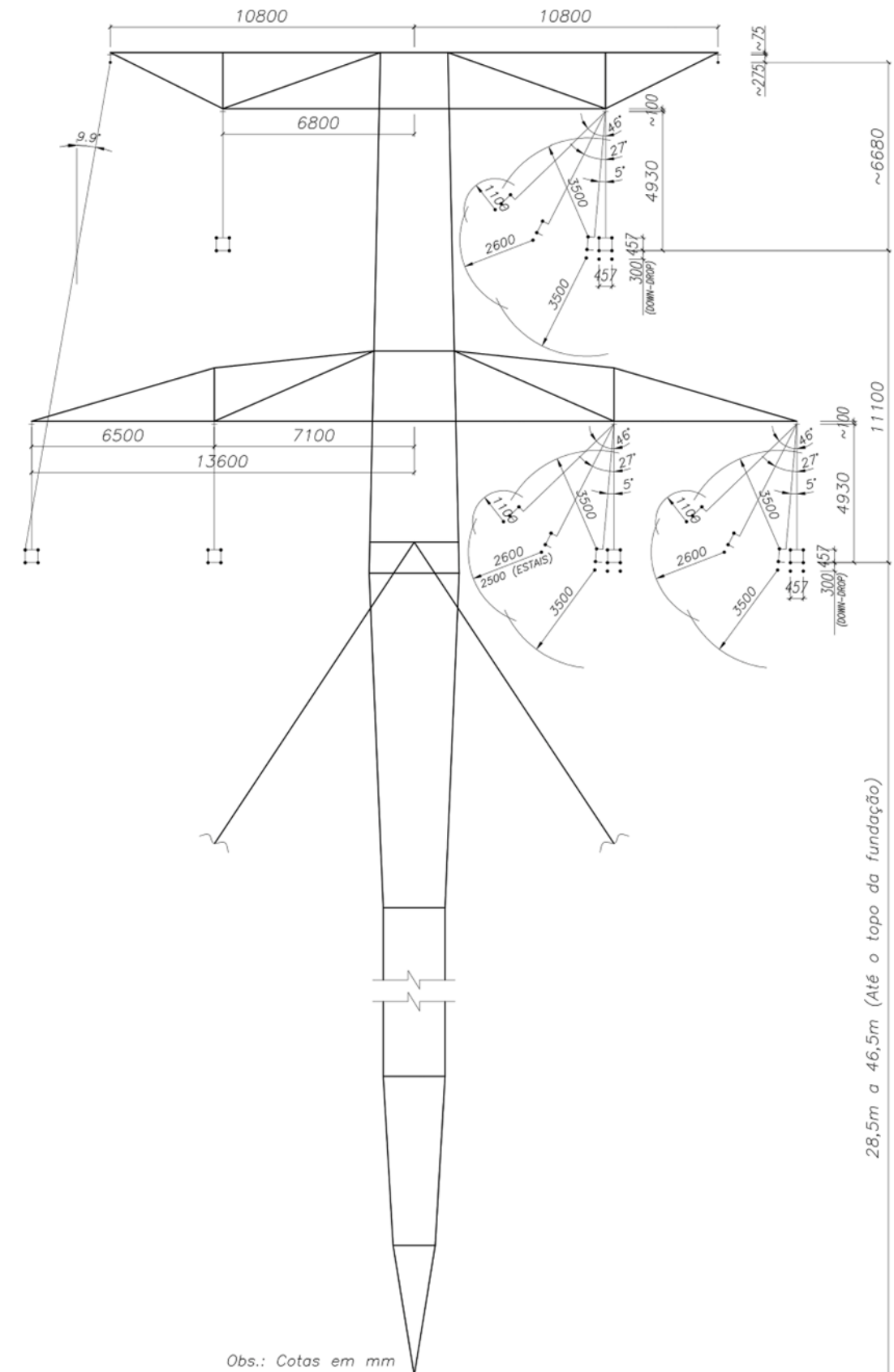
LT 500 kV Ponta Grossa-Assis	Características			
	Tipos de Estruturas	Alturas (mínima e máxima) em m	Altura média (m)	Ângulo máx. de deflexão
Estaiada Suspensão Leve (APEL)	28,5 a 46,5	37,5	1º	68x70 / 4.760 m <sup>2</sup>
Estaiada Suspensão Média (APEM)	28,5 a 46,5	37,5	1º	

LT 500 kV Ponta Grossa-Assis	Características			
	Tipos de Estruturas	Alturas (mínima e máxima) em m	Altura média (m)	Ângulo máx. de deflexão
Autoportante Suspensão Leve (APSL)	16,5 a 49,5	33	1°	30x30 / 900 m <sup>2</sup>
Autoportante Suspensão Reforçada (APSP)	16,5 a 55,5	36	5°	
Autoportante Ancoragem Meio de Linha (APAA)	15 a 40,5	27,75	30°	
Autoportante Ancoragem Terminal (APAT)	15 a 34,5	24,75	Meio de linha: 60° Fim de Linha: 10° (LT) e 30° (SE)	
Autoportante para travessias sob LTs de tensão superiores	15	15	-	
Autoportante Suspensão para Transposição (APTR)	16,5 a 43,5	30	1°	

As silhuetas típicas das estruturas previstas para LT 500 kV Ponta Grossa-Assis são apresentadas a seguir:



**Figura 1 – Torre Estaiada de Suspensão Leve (APEL).**



**Figura 2 – Torre Estaiada de Suspensão Média (APEM).**

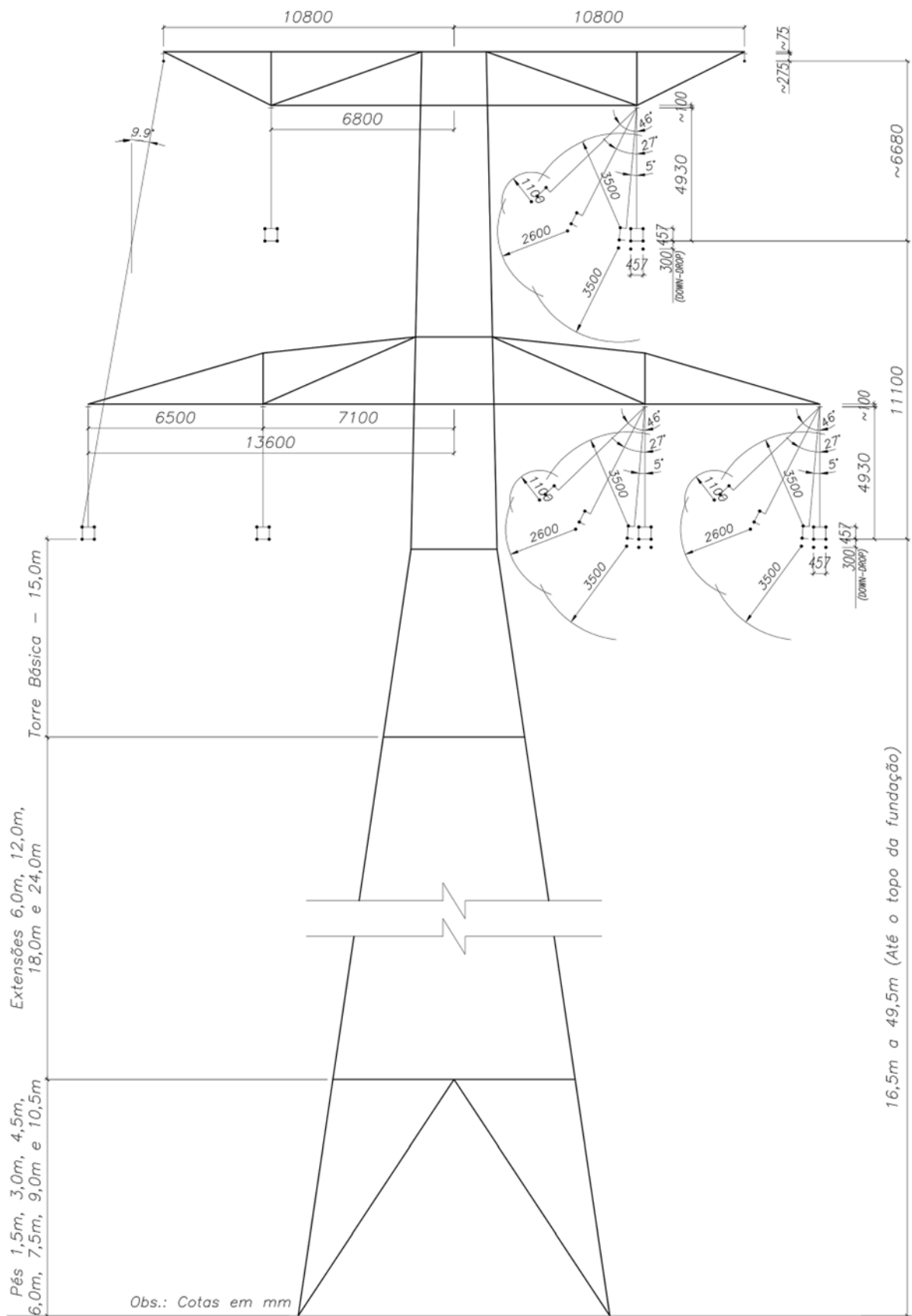
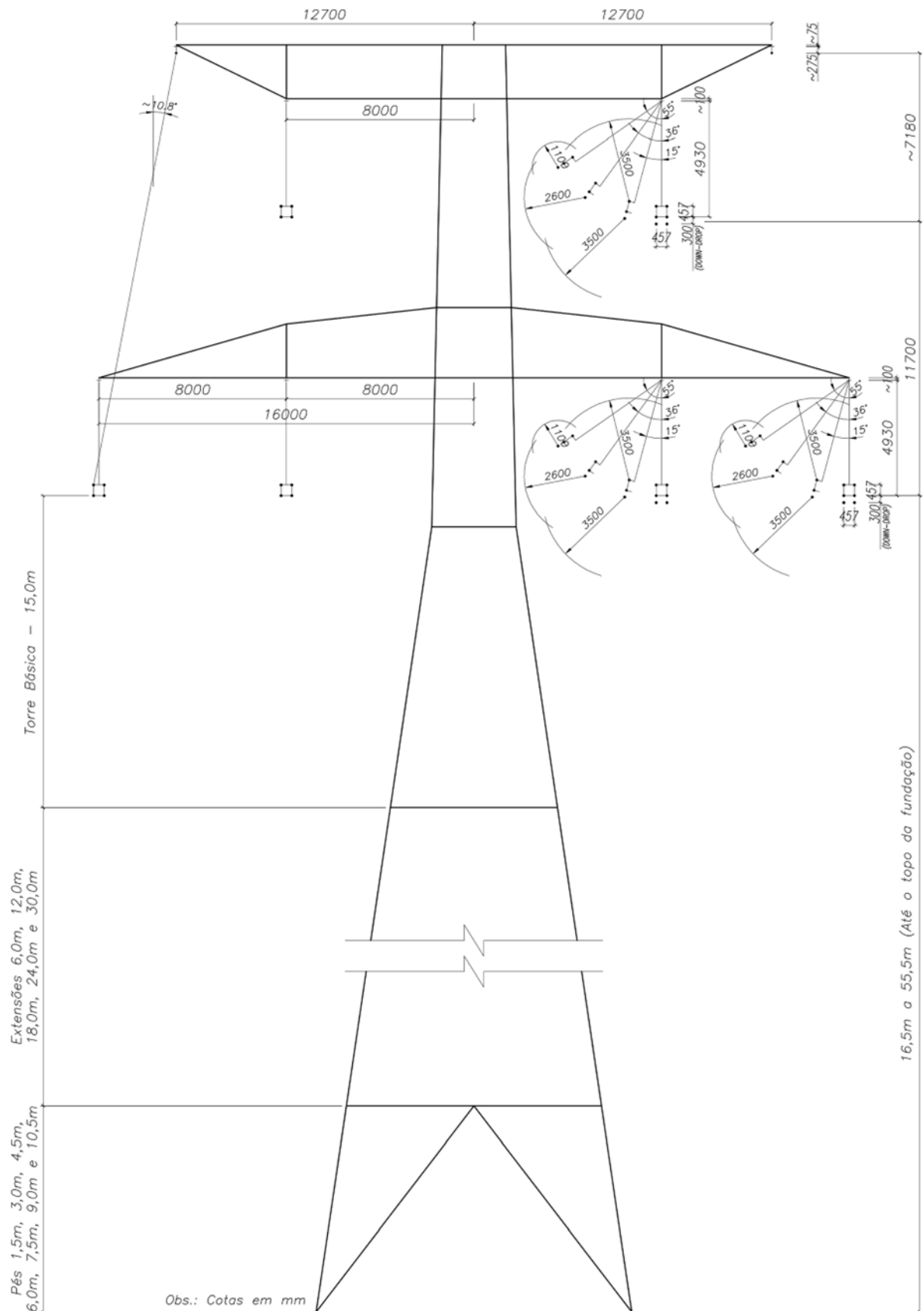
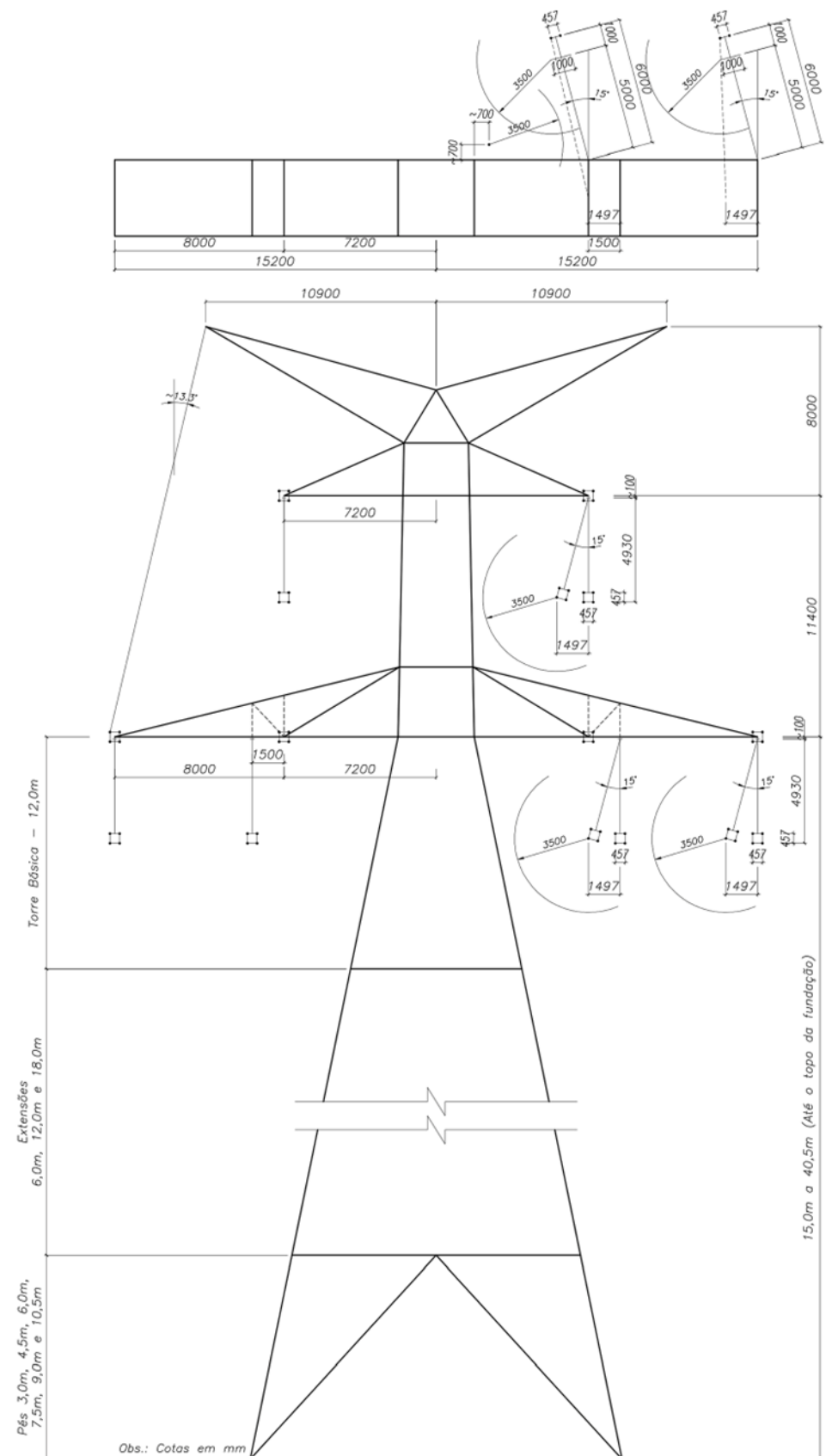


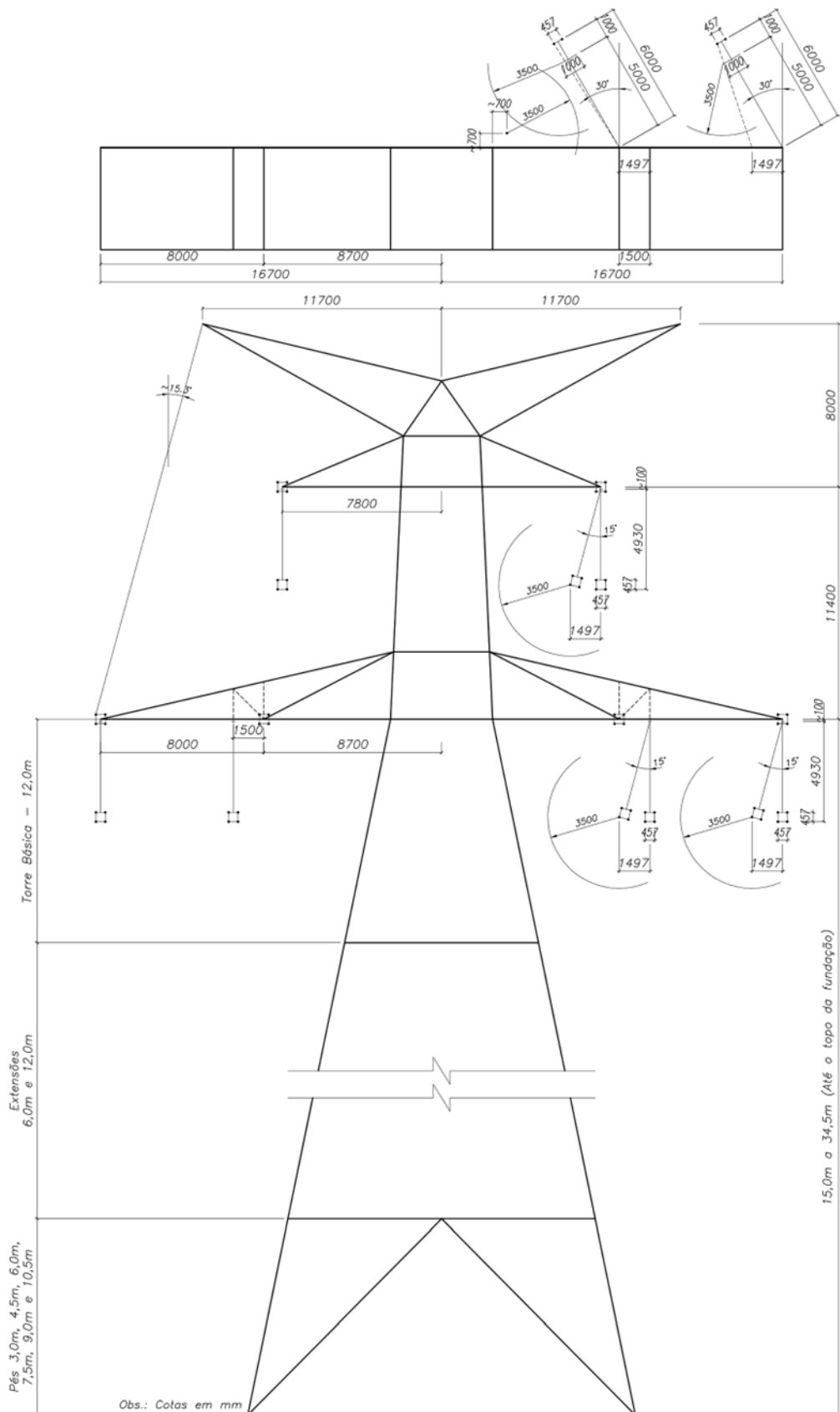
Figura 3 – Torre Autoportante de Suspensão Leve (APSL).



**Figura 4 – Torre Autoportante de Suspensão Reforçada (APSP).**

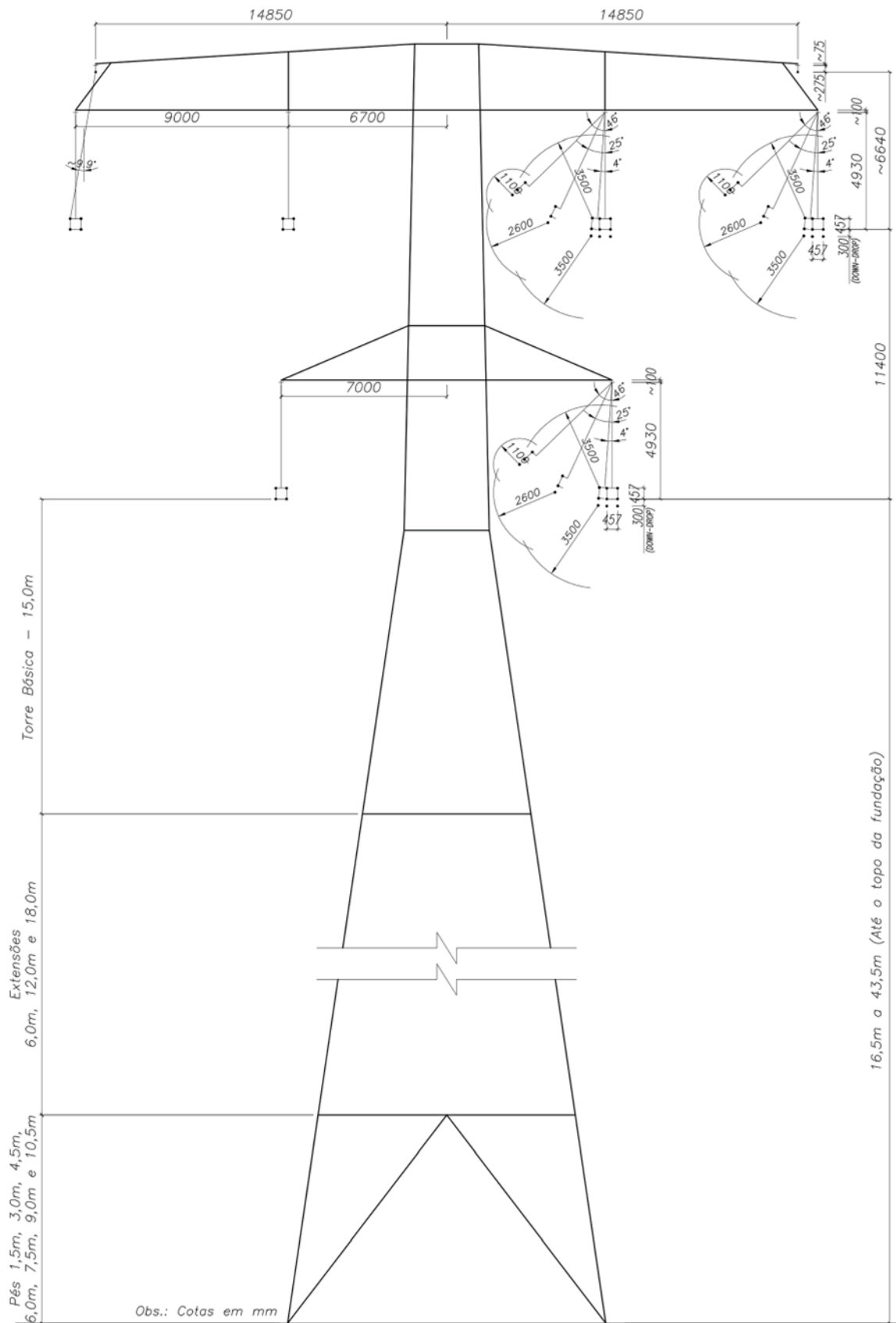


**Figura 5 – Torre Autoportante de Ancoragem Meio de Linha (APAA).**



**Figura 6 – Torre Autoportante de Autoportante Ancoragem Terminal (APAT).**





**Figura 7 – Torre Autoportante de Suspensão para Transposição (APTR).**

### 5.1.1.2 Cabos Condutores

A LT será constituída por um feixe de 4 cabos condutores CAL AI 1120 de 998,7 kcmil por fase, de acordo com as características apresentadas na tabela a seguir:

**Tabela 4 – Características dos cabos condutores.**

Características dos cabos condutores (und)	
Tipo	CAL AI 1120
Bitola	998,7 kcmil
Área total	5,0604 cm <sup>2</sup>
Diâmetro	2,9250 cm
Peso unitário	1,3964 kgf/m
Carga de ruptura	11.145 kgf

### 5.1.1.3 Cabos contrapeso

A LT utilizará como contrapeso o cabo de aço zincado 3/8" SM, com conectores de aço zincado por imersão a quente para fixar o cabo contrapeso à cantoneira de ancoragem das estruturas, aos montantes dos mastros, aos estais e às hastes de aterramento.

### 5.1.1.4 Cabos Para-raios

Os cabos para-raios foram definidos em função da capacidade de suportarem a corrente de curto-circuito de especificadas no Edital da ANEEL e submódulo 2.4 e por apresentarem bom desempenho frente às descargas atmosféricas.

**Tabela 5 – Características dos cabos para-raios a serem utilizados no empreendimento.**

Tipo	OPGW	OPGW	CAA	Aço galvanizado EHS
Código	15,5	12,4	DOTTEREL	
Bitola	15,5 mm	12,4 mm	176,9 kcmil	Ø3/8"
Diâmetro	1,55 cm	1,24cm	1,5420 cm	0,9520 cm
Peso unitário	0,8120 kgf/m	0,49 kgf/m	0,6568 kgf/m	0,4060 kgf/m
Carga de ruptura	11859 kgf	7200 kgf	7857 kgf	6986 kgf

### 5.1.1.5 Ferragens

#### 5.1.1.5.1 Cadeias de Suspensão e Ancoragem dos Cabos

Todos os componentes das cadeias de fixação do condutor e dos cabos para-raios, exceto grampos de suspensão e ancoragem, devem ser fabricados em aço forjado ou, alternativamente, em ferro fundido maleável ou nodular, e zincados por imersão a quente.

Todos os componentes das cadeias de isoladores deverão ser produzidos e ensaiados conforme normas técnicas constantes em projeto básico. Os componentes e acessórios deverão atender aos limites térmicos de operação das linhas.

As cupilhas das conexões tipo concha-bola e os contrapinos utilizados nos pinos e parafusos devem ser de aço inoxidável AISI 301, 302 ou 304.

Os grampos de suspensão do condutor e do cabo para-raios CAA devem ser constituídos por berço e calha fabricados em liga de alumínio. O grampo de suspensão para o cabo 3/8" EAR poderá ser fabricado em liga de alumínio ou aço forjado.

As cadeias de suspensão dos condutores (exceto cadeias de passagem) e cabos para-raios devem utilizar armaduras de vergalhões pré-formados ou alternativamente, grampos de suspensão tipo AGS (Armor - Grip Suspension) para os cabos condutores. Os vergalhões utilizados sobre os cabos CAA devem ser fabricados em liga de alumínio, com hélice à direita; os utilizados sobre o cabo 3/8" EAR devem ser fabricados em aço zincado a quente, classe A, com hélice à esquerda. Os vergalhões das armaduras utilizadas sobre o condutor devem ter pontas em cunha, de modo a reduzir o efeito corona. As cadeias de passagem não utilizam armaduras pré-formadas.

Os grampos de ancoragem do condutor e cabos para-raios CAA e 3/8" EAR devem ser do tipo à compressão, formados por uma luva interna com olhal, em aço forjado zincado por imersão a quente, e uma luva externa e respectivos batoques em liga de alumínio.

Os componentes das cadeias do condutor situados no lado energizado devem ser projetados de modo a:

- reduzir ao mínimo o efeito corona;
- suportar, sem perda de suas características elétricas e mecânicas, as temperaturas de longa e curta duração previstas para o condutor.

As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor serão submetidas aos ensaios de RIV/Corona e Arco de Potência. Para as cadeias de suspensão, o desempenho especificado deve ser alcançado sem a utilização de anéis.

As cadeias de ancoragem devem ser providas de anéis anticorona no lado energizado para permitir uma melhor distribuição do campo elétrico. O formato dos anéis e os detalhes de fixação aos balancins deverão ser compatibilizados com as distâncias fase-terra previstas no projeto das linhas de transmissão e sua fixação aos balancins devem permitir sua colocação e retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva.

#### 5.1.1.5.2 Espaçadores Amortecedores

A LT utiliza espaçadores amortecedores com feixes quadruplo, que devem ser instalados no ponto médio dos vãos superiores a 300 m ou a cada terço do vão, em vãos superiores a 700 m.

#### 5.1.1.5.3 Amortecedores de vibração eólica

Serão utilizados amortecedores de vibração tipo Stockbridge nos cabos condutores e para-raios CAA e Aço Zincado. Alternativamente, poderão ser utilizados amortecedores tipo SVD (spiral vibration damper) nos cabos para-raios CAA e de aço zincado 3/8" EAR.

Os amortecedores deverão ser capazes de amortecer efetivamente as vibrações eólicas sem o auxílio de outros acessórios. A capacidade de amortecimento deve ser comprovada através dos seguintes ensaios, previstos em projeto básico, conforme especificado nas normas técnicas aplicáveis:

- Exame visual
- Verificação dimensional
- Escorregamento do grampo
- Aperto do parafuso de fixação do grampo no cabo
- Fixação dos pesos no cabo mensageiro
- Fixação do grampo no cabo mensageiro
- Capacidade de amortecimento
- Resistência à fadiga

#### 5.1.1.6 Isolamento

A distância de escoamento específica das cadeias visa atender aos requisitos do Edital, tendo como base a IEC 60815. Para a região em estudo, adotou-se o nível de poluição “leve” (nível b) da publicação IEC 60815, para o qual é recomendada uma distância de escoamento específica de 20 mm/kV fase-fase.

#### 5.1.1.7 Isolamento contra descargas atmosféricas

Para avaliação do desempenho da LT quando submetida a surtos atmosféricos foi utilizado o programa FLASH versão. 1.6. Os dados de entrada adotados para o cálculo são indicados na tabela a seguir:

**Tabela 6 – Dados de entrada para cálculo de desempenho em surtos atmosféricos.**

Nível Cerâmico	Distância de Isolamento (m)	Vão Médio (m)	Flecha (m)	
			Condutor	Para-Raios
76	3,5	500	21,42	17,64

A partir dos parâmetros acima foi calculado o desempenho de cada LT utilizando o programa FLASH 1.6. O resultado do relatório de saída é resumido na Tabela 7, considerando que o aterramento de cada LT apresente resistência de aterramento com valor médio menor ou igual a 20  $\Omega$ . Quando forem feitas as medições de resistividade poderá ser feita uma nova avaliação com redistribuição das resistências conforme resultados obtidos.

**Tabela 7 – Taxa de desligamentos por 100 km por ano.**

Descargas Diretas	Descargas Indiretas	Total
0,00	0,68	0,68

O total de desligamentos por descargas atmosféricas para a LT 500 kV é inferior a um desligamento por 100 km por ano, conforme preconiza o Edital.

#### **5.1.1.8 Sistema de aterramento na linha de transmissão**

Para que seja alcançado o desempenho de proteção contra descargas atmosféricas especificado no Edital a resistência de aterramento das estruturas está sendo limitada a 16  $\Omega$ .

Para reduzir a resistência ao valor especificado acima, está sendo proposto um sistema de aterramento constituído por quatro ramais de fio contrapeso conectados às cantoneiras de ancoragem dos pés das estruturas autoportantes e aos mastros e estais das estruturas estaiadas.

Os quatro ramais afastam-se das estruturas em formação radial até o limite da faixa de servidão, passando em seguida a correr paralelo aos limites da faixa.

Em locais de resistividade elevada e desde que a consistência do solo permita os quatro ramais de fio contrapeso serão complementados por quatro hastes de aterramento. As hastes deverão ser enterradas a uma profundidade em torno de 3,0 m e conectadas às estruturas utilizando ramais curtos de fio contrapeso.

Será utilizado como contrapeso o cabo de aço zincado por imersão a quente (classe B) 3/8" SM, com 9,144 mm de diâmetro. Esse material tem sido extensivamente usado com sucesso como contrapeso em linhas de transmissão de todas as classes de tensão.

Nas estruturas estaiadas os ramais de contrapeso serão estendidos até os estais e conectados aos mesmos por meio de grampos paralelos fabricados de aço, zincados por imersão a quente, ou aparafusados de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme tipo do contrapeso.

Os ramais serão enterrados em valetas com 80 cm de profundidade e comprimento correspondente à fase de aterramento selecionada para a estrutura. Se necessário serão acrescentados comprimentos adicionais de fio contrapeso utilizando grampos paralelos aparafusados, fabricados em aço e zincados por imersão a quente, ou de bronze estanhado ou alumínio estanhado, conforme o tipo do contrapeso.

Os quatro ramais devem se afastar dos pontos de fixação às estruturas em direções radialmente opostas, formando ângulos de 45° com o eixo da linha de transmissão (torres autoportantes) ou orientados na direção das fundações dos estais (torres estaiadas).

Ao atingir pontos situados a 0,5 metros do limite da faixa de servidão os ramais devem passar a se deslocar paralelamente à faixa, em sentidos opostos, até terem sido instalados comprimentos de contrapeso por ramais correspondentes à fase de aterramento selecionada para a estrutura em questão.

O sistema de aterramento proposto compreende cinco fases de execução, como indicado a seguir:

**Tabela 8 – Fases do sistema de aterramento.**

Fase	Configuração
I	Quatro ramos com 50 metros de contrapeso por ramo
II	Quatro ramos com 75 metros de contrapeso por ramo
III	Quatro ramos com 100 metros de contrapeso por ramo
IV	Quatro ramos com 125 metros de contrapeso por ramo
V (especial)	Fase especial para trechos com resistividade extremamente elevada consistindo na instalação de ramos de contrapeso associados a hastes de aterramento, em configuração a ser definida pelo projetista da LT

A fase inicial do sistema de aterramento a ser instalada em cada estrutura será definida no decorrer do projeto executivo da LT em função dos valores medidos da resistividade, conforme campanha de investigação dos solos. Tendo em vista que as resistividades do solo medidas serão valores aproximados e que a fase de aterramento a ser indicada nas listas de construção será escolhida utilizando uma correlação também aproximada, é provável que, em algumas estruturas, a fase de aterramento selecionada não seja suficiente para reduzir a resistência de aterramento ao valor de projeto.

Nesses casos o comprimento inicialmente instalado de contrapeso deverá ser ampliado e/ou instaladas hastes de aterramento adicionais.

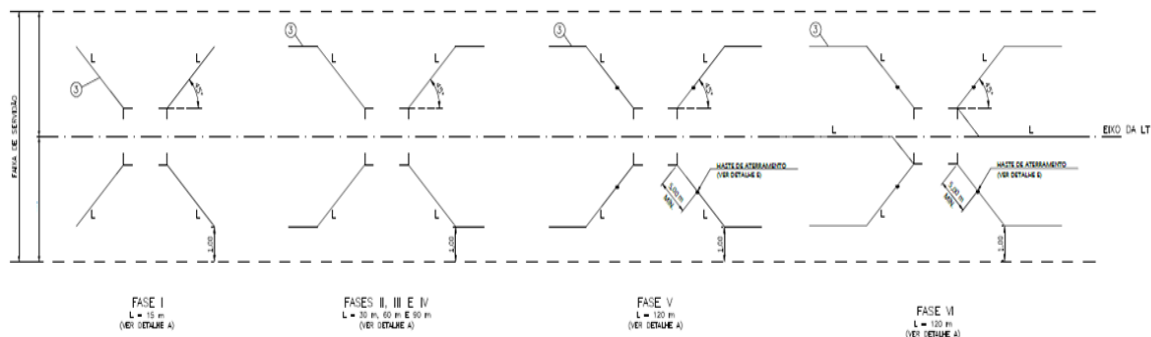
Por fim, após a concretagem e cura das fundações e pelo menos três dias após a instalação da fase de aterramento especificada no projeto executivo, deve ser medida a resistência de aterramento da estrutura em dia de tempo bom e com solo seco.

Se na ocasião em que for medida a resistência de aterramento a estrutura ainda não estiver montada, as cantoneiras de ancoragem devem ser eletricamente interligadas com um pedaço de fio contrapeso.

As medições da resistência de aterramento das estruturas devem ser realizadas antes da instalação dos cabos para-raios ou, se já instalados, com os mesmos isolados das estruturas.

A seguir é apresentado esquematicamente o aterramento de estruturas:

- Autoportantes:



**Figura 8 – Esquema de aterramento de estruturas autoportantes em 6 fases.**

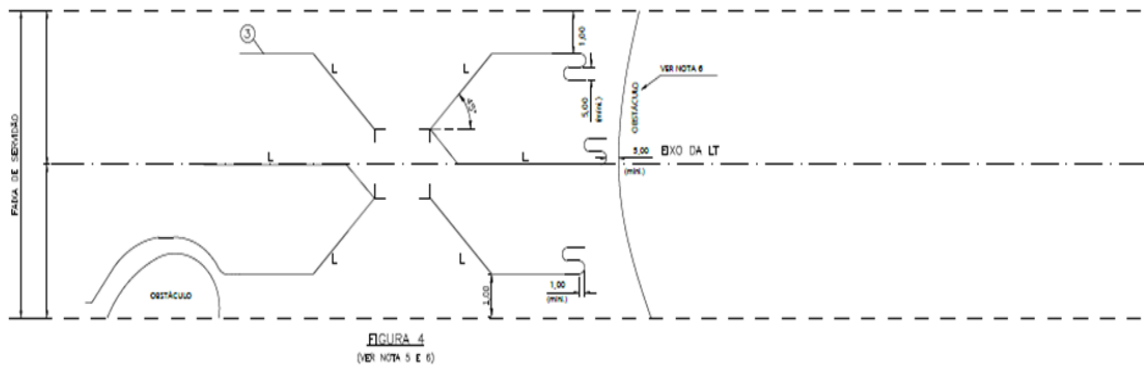


Figura 9 – Detalhe do aterramento de estruturas autoportantes.

- Estaiadas:

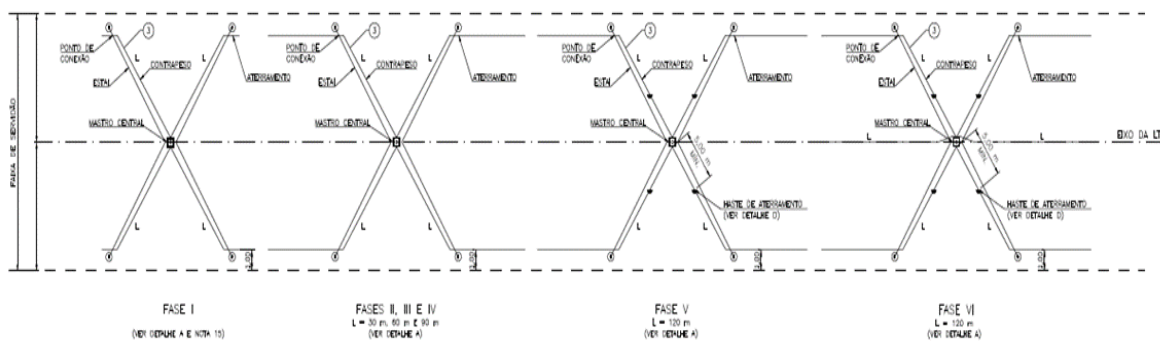


Figura 10 – Esquema de aterramento de estruturas estaiadas em 6 fases.

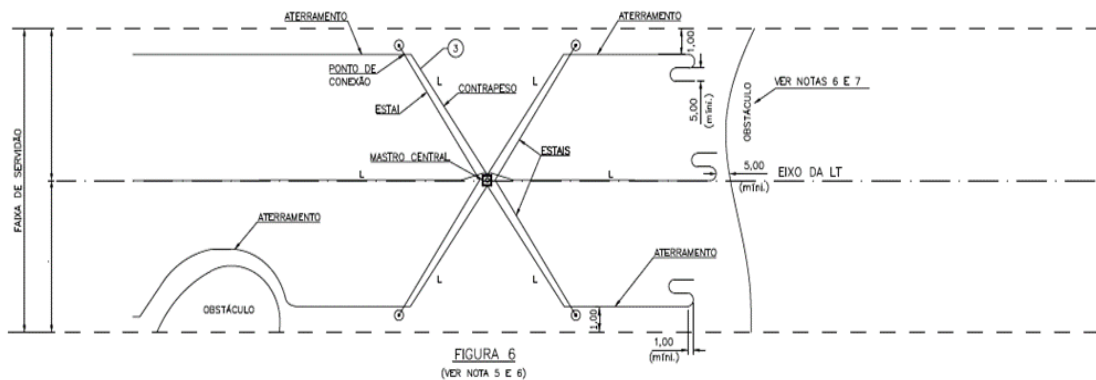


Figura 11 – Detalhe do aterramento de estruturas estaiadas.

### 5.1.1.9 Esferas de Sinalização

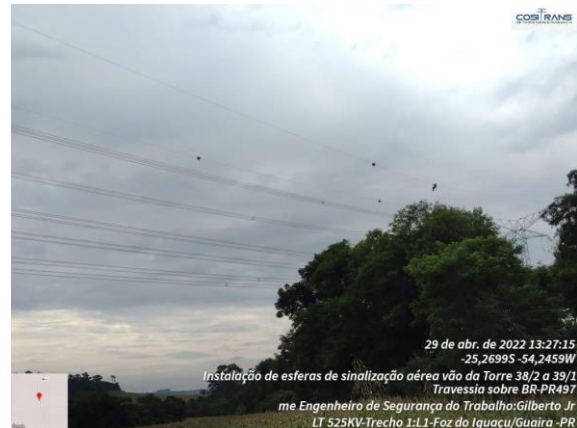
As esferas de sinalização devem ter 60 cm de diâmetro, espessura não inferior a 2,5 mm e atender os requisitos da norma NBR 15237, tanto no que se refere aos materiais utilizados como ao detalhamento do projeto. Devem ser fabricadas na cor laranja internacional (Munsell 2.5YR6).



As esferas serão projetadas para instalação nos cabos para-raios de tal forma que não se movimentem ao longo do cabo durante a vida útil de cada LT, conforme modelos apresentados na Foto 1 e Foto 2.



**Foto 1 – Exemplos de esferas de sinalização que poderão ser utilizadas no empreendimento.**



**Foto 2 – Exemplos de esferas de sinalização instaladas.**

## 5.1.2 FUNDAÇÕES

O tipo de fundação a ser utilizada para cada torre será definida em projeto específico, conforme as condições de cada local, obtidas por meio de campanha de investigação dos solos nos locais onde serão instaladas as estruturas, realizada por investigação visual e sondagens SPT.

O detalhamento dessas fundações será desenvolvido na fase do projeto executivo, quando forem conhecidas as características do solo dos locais onde serão instaladas as estruturas e definidos os métodos construtivos.

### 5.1.2.1 Fundações em solos normais

Consideram-se como normais os solos argilosos, arenosos, siltosos ou mistos (argilo-siltosos, areno-argilosos, etc.) sem presença de água, rocha ou matéria orgânica até o nível da base da escavação das fundações.

Para esses solos é prevista como alternativa preferencial a instalação de fundações típicas em tubulões verticais com base alargada ou retos, em concreto armado nas torres autoportantes e para torres estaiadas é prevista sapata pré-moldada para o mastro e para os estais a fundação em tubulão sem base alargada e viga L pré-moldada.

Para solos nos quais a alternativa em tubulões for inadequada é prevista a instalação de fundações em sapatas, em concreto armado.

A seguir são detalhados os tipos a fundações que poderão ser utilizados na obra:



### 5.1.2.2 Fundação em Tubulão

Consiste numa fundação em concreto armado de forma cilíndrica, escavada manualmente a céu aberto ou mecanicamente, com ou sem base alargada, e profundidade variável.

Deve ser utilizada nos solos a profundidades variáveis, desde que não ocorra variação do lençol freático que dificulte a escavação, ou provoque instabilidade das paredes da cava com risco de desmoronamento. Esta fundação dispensa reaterro e compactação após sua execução.

A escavação mecânica poderá ser realizada nas regiões planas ou pouco onduladas, devido a estabilização do equipamento.

Poderá ser utilizada em locais com nível d'água (NA) elevado em período úmido, desde que a escavação e concretagem sejam feitas em período seco e que se leve em conta no seu dimensionamento as características geotécnicas para solo submerso, como os empuxos d'água na base da fundação.

A fundação em tubulão também poderá ser adaptada para ser utilizada quando da ocorrência de rocha sã ou pouco fraturada a pequenas profundidades, sendo a escavação prosseguida a fogo ou por rompedores, conforme o caso, penetrando na rocha o suficiente para que os esforços de tração sejam absorvidos pela adesão.

### 5.1.2.3 Fundação em Sapata

Consiste numa fundação rasa de concreto armado, executada com escavação total, isto é, retirada de todo o terreno localizado acima da cota de assentamento da fundação.

Esta fundação é constituída, em geral, por uma placa de concreto armado que recebe o *stub*, que é a peça metálica que faz a ancoragem da estrutura à fundação. O pilar da sapata costuma ter a mesma inclinação prevista para o *stub* e do pé da torre.

Deve ser utilizada em locais em que a fundação tipo tubulão não for exequível, devido a problemas de instabilidade das paredes da cava, nível d'água elevado, rocha a pouca profundidade ou solo com baixa capacidade de carga lateral.

### 5.1.2.4 Fundação em Bloco Ancorado em Rocha

Fundações ancoradas na rocha poderão ser empregadas quando a ocorrência de rocha a pequenas profundidades, que inviabilize o emprego de tubulões ou mesmo de sapatas. Este tipo de fundação consiste na ancoragem do bloco de fundação no substrato rochoso. A ancoragem é feita através de chumbadores, constituídos normalmente por barras de aço.

Para a sua execução é necessária a perfuração da rocha para a inserção dos chumbadores. Os furos são feitos por meio de equipamentos pneumáticos, sendo posteriormente preenchidos com argamassa e um aditivo expansivo para fixação dos chumbadores.

### 5.1.2.5 Fundação Estaiada

As torres estaiadas são constituídas por um corpo metálico, sendo mais esbelto e modulado do que as estruturas autoportantes, chamado de mastro, fixo por estais ao longo de sua extensão. Este corpo metálico é formado por módulos, contendo montantes, diagonais, horizontais e barras de travamentos, com ligações aparafusadas ou soldadas, possuindo seção transversal quadrada ou triangular. Os estais são constituídos por cordoalhas de aço fixadas ao longo do mastro da estrutura e às fundações laterais de ancoragem.

### 5.1.2.6 Fundação em Estacas e Especiais

As fundações especiais são aquelas que não são atendidas pelas fundações padronizadas. Dentre as mais utilizadas está a fundação em estacas. Esse tipo será utilizado em solos que estão sujeitos a elevação do lençol freático e geralmente tem baixa capacidade de suporte inicial em profundidade tal que possa ser utilizada a sapata submersa.

Assim, o tipo de fundação também está relacionado ao tipo de estrutura (torre) que será instalada. O quadro a seguir apresenta os tipos de fundação associados aos tipos de estruturas previstas no empreendimento:

**Quadro 1 – Tipo de fundação utilizada por estrutura.**

Tipo de torre	Tipo de Estrutura	Tipos de Fundação
Estaiada	Fundação para estais (incluindo sistema de anclaje)	Fundação Tipo Tubulão Fundação Viga L pré-moldada Fundação Helicoidal Fundação ancorada em rocha com barra
	Fundação para mastro central	Fundação tipo sapata pré-moldada com placa Fundação Sapata ancorada em rocha com barra
Autoportante	Fundação para autoportantes	Fundação tipo Tubulão
		Fundação tipo Sapata
		Fundação Sapata ancorada em rocha com barra
		Fundação tipo Bloco sobre estacas (metálicas/pré-moldado)

### 5.1.3 FAIXA DE SERVIDÃO

A faixa de servidão de linhas de transmissão é uma área de uso restrito destinada à implantação, operação e manutenção da linha de transmissão, visando a segurança das instalações e da população do entorno, cuja largura é projetada considerando-se o balanço dos cabos condutores, níveis de campo elétrico e magnético (Conforme Resolução Normativa nº 398 da ANEEL), radiointerferência, nível de ruído e posicionamento de fundações e estais. O cálculo da faixa de servidão é normatizado pela norma ABNT NBR 5422 que especifica também as distâncias mínimas de segurança entre os cabos condutores e o solo e demais obstáculos ao longo de toda extensão da linha.

### 5.1.3.1 Critérios para cálculo da faixa de servidão

#### 5.1.3.1.1 Ventos básicos do projeto

Conforme dados de projeto de isótopas máximas, foram recomendadas as velocidades de vento constantes da Tabela 9, para terreno tipo B (conforme tabela 1 da NBR 5422), de forma a subsidiarem as hipóteses de carga normalmente utilizadas no dimensionamento de estruturas aéreas de transmissão.

**Tabela 9 - Velocidades de projeto (km/h), terrenos tipo B, medições feitas a 10 m de altura.**

Período de retorno / tempo de média	Velocidades de projeto (km/h) Ponta Grossa – Assis C1 e C2
250 anos, 10 minutos	125
250 anos, 3 segundos	200
50 anos, 10 minutos	105
50 anos, 30 segundos	140
2 anos, 30 segundos	90

- Período de retorno adotados

Conforme preconizado no Edital as linhas de transmissão estão sendo projetadas para resistir, sem falhas, às cargas mecânicas produzidas por ventos com períodos de retorno de 250 anos.

Adicionalmente, as estruturas serão dimensionadas para suportar ação de ventos de alta intensidade, decorrentes de tormentas elétricas.

#### 5.1.3.1.2 Critério mecânico

##### 5.1.3.1.2.1 Ângulo de balanço dos condutores

O ângulo de balanço está sendo calculado para ventos com 50 anos de período de retorno, 30 segundos de período de integração e pressões correspondentes, aplicados à metodologia de cálculo estabelecida no item 10.1.4.3 da NBR 5422-85.

Para cálculo dos ângulos de balanço das cadeias associados aos espaçamentos elétricos correspondentes a surtos de manobra está sendo adotada velocidade do vento com período de retorno de 2 anos (vento frequente).

**Tabela 10 - Velocidade de Vento para Ângulo de Balanço.**

Linha de Transmissão	Altura de vento (m)	50 anos 30 segundos (m/s)	2 anos 30 segundos (m/s)
LT 500 kV Ponta Grossa- Assis	25	42,27	27,17

A conversão dos valores indicados na Tabela 10 para o cálculo dos ângulos de balanço e considerando a altura média dos condutores é obtida a partir da seguinte expressão, conforme NBR 5422:

$$V_H = V \cdot \left( \frac{h}{10} \right)^{1/n}$$

Figura 12 – Fórmula para cálculo da velocidade do vento a partir da altura média dos condutores.

onde:

$V_H$  Velocidade do vento atuando na altura “h”

h Altura média dos condutores

n Coeficiente obtido da tabela 2 da NBR 5422 para t = 30 s (n = 11, terreno B)

V Velocidade do vento para h = 10 m, Tabela 9, em m/s

A metodologia adotada para o cálculo do ângulo de balanço é a constante do item 10.1.4.3 da referência NBR 5422/85, tendo como resultado:

Tabela 11 - Ângulo de Balanço das Estruturas Predominantes em Alinhamento.

LT	Parâmetros					Ângulo
	D (mm)	P (kgf/m)	V/H (pu)	Q0 (kgf/m <sup>2</sup> )	K (pu)	Calculado (graus)
LT 500 kV Ponta Grossa – Assis C1 e C2	29,25	1,395	0,80 (*)	102	0,31	39,5°

(\*) Valor de V/H compatível com a topografia do terreno atravessado.

Onde:

d diâmetro do condutor

p peso unitário do condutor

V/H relação (vão de peso)/(vão de vento) em alinhamento

q<sub>0</sub> Pressão dinâmica conforme calculado no item 3.4.1 da referência

k figura 7 da referência

Conhecido o ângulo de balanço dos condutores, a largura da faixa é determinada de acordo com a metodologia estabelecida no capítulo 12 da NBR 5422/85, tendo como resultado:

Tabela 12 - Largura da Faixa de Servidão em função dos Ângulos de Balanço

LT	Parâmetros						Distância	
	vãos (m)	b (m)	f (m)	l (m)	β (graus)	d (m)	Calculado (m)	Adotado (m)
LT 500 kV Ponta Grossa – Assis C1 e C2	500	13,6	21,35	4,93	39,5°	3,66	67,97	68,0

(\*) A largura da faixa foi governada pelo cálculo mecânico.

(\*\*) Para vãos acima de 500 m serão avaliados especialmente em cada caso, considerando o balanço real da catenária, a condição de relevo e altura de cabo-solo. Nos casos em que houver risco de violação da distância de segurança horizontal, será adotado, para os vãos específicos, faixa de servidão maior.

### 5.1.3.1.3 Efeito Corona

Para determinação do efeito corona, foram definidas duas variáveis:

- Gradiente nas fases: definido a partir do programa CAMPOFX, considerada para a tensão máxima de operação da LT, ou seja, 550 kV;
- Gradiente crítico (início do corona): comparado ao gradiente nas fases, para verificar se o mesmo é adequado, a partir de cálculo referenciado pela *Transmission line reference book, 345 kV and above, second edition, 1982*, de onde obteve-se o seguinte resultado (valor eficaz):

**Tabela 13 - Gradiente Critico x Gradiente Superficial nas Fases.**

LT	Parâmetros			Gradiente	
	r (cm)	m	$\delta$	Crítico (kV/cm)	Nas fases (kV/cm)
LT 500 kV Ponta Grossa – Assis C1 e C2	1,4625	0,82	0,88	19,36	17,53

Onde:

$G_{crit}$  gradiente crítico (início do corona), em kV/cm, valor eficaz  
r raio do condutor, em cm

m coeficiente representativo da superfície do condutor envelhecido (m = 0,82)

$\delta$  valor mínimo da densidade relativa do ar em 90 % do tempo (2), para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pelas LT 's

De acordo com a Tabela 13, o gradiente crítico é superior ao gradiente máximo na fase, indicando que as ferragens das cadeias de isoladores, quando submetida à tensão máxima operativa, não deverá apresentar corona visual em 90% do tempo, para as condições atmosféricas predominantes na região atravessada pela LT.

#### 5.1.3.1.4 Rádio Interferência

O submódulo 2.7 da ONS especifica que a relação sinal/ruído no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no mínimo 24 dB, para 50 % das condições climáticas ocorrendo no período de um ano. O sinal adotado para o cálculo deve ser o nível mínimo de sinal na região atravessada pela LT, conforme legislação pertinente.

Desse modo, adotando um sinal de 66 dB a 1 MHz obtém-se o nível máximo de rádio interferência admissível no limite da faixa de servidão em pelo menos 50 % de todos os tempos de um ano.

Assim, os valores calculados no limite da faixa de servidão são apresentados a seguir:

**Tabela 14 - Rádio interferência no limite da faixa (dB).**

LT	Fair L50 (dB)	Foul L50 (dB)	Foul L1 (dB)
LT 500 kV Ponta Grossa – Assis C1 e C2	41,13	58,13	65,51

O valor de rádio interferência com 50% de probabilidade de não ser excedido, quando se consideram todos os tempos do ano, foi calculado partindo das seguintes premissas:

- a) a distribuição de rádio interferência, tanto para tempo bom como para tempo ruim, é gaussiana;

- b) o valor de rádio interferência com 1 % de probabilidade de ser excedido com tempo bom é igual ao valor de rádio interferência com 99 % de probabilidade de ser excedido com tempo ruim (Fair L1 = Foul L99);

As distribuições de tempo bom e tempo ruim assim definidas foram ponderadas em função da climatologia da região, dando origem à distribuição de todos os tempos.

A partir dessa distribuição e já com a correção para a resistividade do solo para 1000Ω.m e densidade relativa do ar média da região, obtém-se o nível de rádio interferência no limite da faixa com probabilidade de não ser excedido 50 % de todos os tempos do ano, o qual é indicado a seguir:

**Tabela 15 - Rádio interferência todos os tempos.**

LT	Ri todos os tempos(dB)
LT 500 kV Ponta Grossa – Assis C1 e C2	41,21

Assim, como apresenta a Tabela 15, o valor de rádio interferência no limite da faixa de servidão com 50 % de probabilidade de não ser excedido, considerando-se todos os tempos do ano, atende ao critério estabelecido no Anexo técnico do Edital.

#### 5.1.3.1.5 Ruído Audível

O Anexo técnico do Edital de Leilão Nº 02/2021-ANEEL (Anexo 2 – Especificações Técnicas Gerais) especifica que o ruído audível no limite da faixa de servidão, para a tensão máxima operativa, deve ser no máximo igual a 58 dBA, para as seguintes condições climáticas:

- durante chuva fina (< 0,00148 mm/min);
- durante névoa de 4 horas de duração;
- após chuva (primeiros 15 minutos).

O ruído audível será verificado para condições que correspondam ao condutor úmido, conforme condições climáticas citadas. Essas condições são usualmente associadas ao nível de ruído com 50 % de probabilidade de ser excedido.

Desse modo, os valores do ruído audível em um eixo transversal à linha de transmissão foram calculados pelo programa CAMPOFX, para as condições Foul L50 e Foul L5, sendo alcançados os seguintes resultados:

**Tabela 16 - Ruído Audível (dBA).**

LT	Foul L50 (dBA)	Foul L5 (dBA)
LT 500 kV Ponta Grossa – Assis C1 e C2	51,49	55,61

Conforme os valores da Tabela 16 o valor obtido para o ruído audível no limite da faixa de servidão para toda a LT é inferior a 58 dBA, atendendo ao critério estabelecido.

#### 5.1.3.1.6 Campo Elétrico

A Resolução Normativa ANEEL nº 915 de 23/02/2021, especifica que o campo elétrico a um metro e meio do solo, no limite da faixa de servidão, deve ser inferior ou, no máximo, igual a

4,17 kV/m. Adicionalmente, o campo elétrico no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 8,33 kV/m, conforme referência, levando-se em consideração a utilização que for dada a cada trecho.

O valor do campo elétrico a um metro e meio do solo em um eixo transversal à LT foi calculado pelo programa CAMPOFX e os valores calculados são descritos abaixo:

**Tabela 17 - Campo elétrico a 1,5 m do solo (kV/m).**

LT	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
LT 500 kV Ponta Grossa – Assis C1 e C2	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias
	Altura feixe condutor – solo (m)			
	11	10,5	11	10,5
	7,08	7,69	0,99	0,97

A tabela a seguir apresenta as correntes induzidas para os valores máximos de campo elétrico indicados no item anterior:

**Tabela 18 – Corrente induzida.**

Veículo	Referência Campo Elétrico	Corrente induzida
Carreta de grande porte	7,69 kV/m	4,6 mA
Ônibus	7,69 kV/m	3,0 mA
Colheitadeira	7,69 kV/m	2,9 mA
Trator de fazenda puxando carroça	7,69 kV/m	2,3 mA
Trator de fazenda	7,69 kV/m	0,8 mA

Os valores de corrente induzida apresentados pela Tabela 18 situam-se em níveis compatíveis com a utilização da faixa de servidão proposta e atendem o limite máximo de 5,0 mA especificados.

#### 5.1.3.1.7 Campo Magnético

A Resolução Normativa ANEEL nº 915 de 23/02/2021, especifica que o campo magnético no limite da faixa de servidão a um metro e meio do solo deve ser inferior ou, no máximo, igual a 160,9 A/m, equivalente a uma indução magnética de 200 µT, e no interior da faixa de servidão não deve ser superior a 804,5 A/m, equivalente a uma indução magnética de 1000 µT.

Os valores do campo magnético em um eixo transversal à LT foram calculados para a corrente operativa longa duração e corrente máxima curta duração.

O campo magnético foi calculado na largura da faixa de servidão, em um eixo perpendicular à diretriz da LT localizado em um ponto do perfil com espaçamento mínimo condutor-solo, considerando terreno plano. Conservativamente, não foram consideradas no cálculo as correntes de retorno pela terra.

A Tabela 19 apresenta o resumo dos valores calculados:



**Tabela 19 - Campo Magnético (A/m).**

LT	No interior da faixa		No limite da faixa	
	Longa duração	Curta duração	Longa duração	Curta duração
LT 500 kV Ponta Grossa – Assis C1 e C2	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias	Máquinas agrícolas e Rodovias
	Altura feixe condutor – solo (m)			
	11	10,5	11	10,5
	52,56	60,59	24,96	27,75

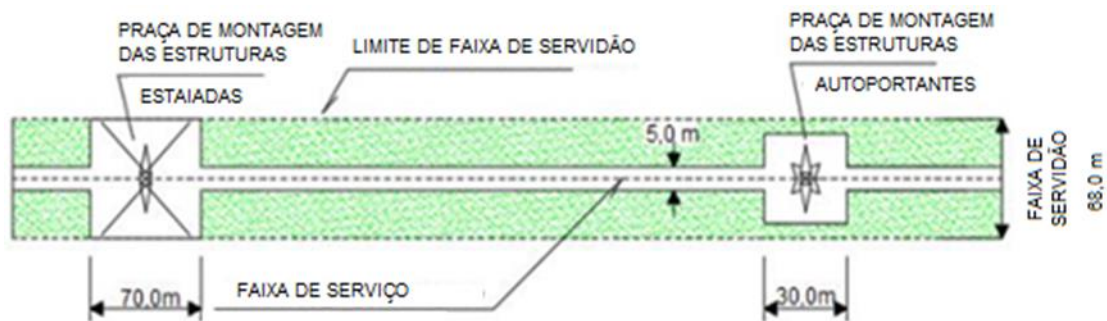
Os valores apresentados acima demonstram que para a LT em estudo, o valor do campo magnético no limite da faixa de servidão é inferior a 160,9 A/m, atendendo ao critério estabelecido.

### 5.1.3.2 Largura e área total para a faixa de servidão

A partir dos resultados apresentados, a faixa de servidão da linha de transmissão em estudo terá a largura total de 68 m, sendo 34 m para cada lado, a partir do eixo da Linha, o que atende tanto ao critério mecânico de balanço dos condutores, como os critérios elétricos definidos no Anexo Técnico do Edital de Leilão Nº 02/2021-ANEEL (Anexo 2 – Especificações Técnicas Gerais).

Desse modo, a área total prevista para a faixa de servidão é de 1874,4048 ha.

A Figura 13 apresenta o esquema ilustrativo com as larguras da faixa de servidão, faixa de serviço e bases das estruturas previstas para a LT 500 kV Ponta Grossa – Assis.



**Figura 13 – Esquema ilustrativo da LT, praça de estruturas, faixa de serviço e faixa de servidão.**

## 5.1.4 DISTÂNCIAS ELÉTRICAS DE SEGURANÇA

### 5.1.4.1 Distâncias na condição operativa de longa duração

As distâncias mínimas adotadas, do condutor ao solo ou obstáculos em regime de longa duração, são calculadas a partir da metodologia indicada no item 10.3.1 da NBR 5422/85, na tensão máxima de 550kV, e são apresentadas na tabela a seguir:



**Tabela 20 – Distâncias de segurança na condição operativa de longa duração.**

Item	Natureza da região ou obstáculo atravessado pela linha de transmissão ou que dela se aproxima	Distância Calculada (NBR 5422)	Distância Adotada (m)
1	Locais acessíveis apenas a pedestres	8,7	11 <sup>1</sup>
2	Locais onde circulam máquinas agrícolas	9,2	11 <sup>1</sup>
3	Rodovias, ruas e avenidas	10,7	11 <sup>1</sup>
4	Ferrovias não eletrificadas	11,7	11,7 <sup>1</sup>
5	Ferrovias eletrificadas ou com previsão de eletrificação	14,7	14,7
6	Suporte de linha pertencente à ferrovia	6,7	6,7
7	Águas navegáveis	H+4,7	H+4,7 <sup>2</sup>
8	Águas não navegáveis	8,7	13
9	Linha de Transmissão / distribuição até 87 kV – Para-raios	3,9	3,9
10	Cabo de Linha de Transmissão / distribuição – 138 kV	4,24	4,5
11	Cabo de Linha de Transmissão – 230 kV	4,8	5
12	Cabo de Linha de Transmissão – 345 kV	5,49	5,5
13	Cabo de Linha de Transmissão – 440 kV	6,06	6,1
14	Cabo de Linha de Transmissão – 500 kV	6,58	6,6
15	Cabo de Linha de Transmissão – 525 kV	6,58	6,6
16	Linhas de telecomunicações	4,5	4,5
17	Telhados e terraços	6,7	6,7 <sup>3</sup>
18	Paredes	5,7	5,7
19	Instalações transportadoras	5,7	5,7
20	Veículos rodoviários e ferroviários	5,7	5,7
21	Vegetação: APP e áreas especiais <sup>4</sup>	6,7	6,7 <sup>4</sup>

<sup>1</sup> A distância adotada atende aos critérios de campo elétrico para população geral e ocupacional, conforme REN 915, de 23 de fevereiro de 2021.

O valor da distância de segurança indicada nos itens 1,2,3 e 4 foi definido em função da diferença de flecha para as temperaturas correspondentes a curta e longa duração, devido ao atendimento ao campo elétrico para curta duração que estabelece o limite de 8,33 kv/m dentro da faixa, conforme definição da largura da faixa de servidão (5.1.3.1.6) com base nas resoluções normativas da ANEEL. A figura abaixo ilustra o perfil do campo elétrico ao longo da faixa de segurança da LT.

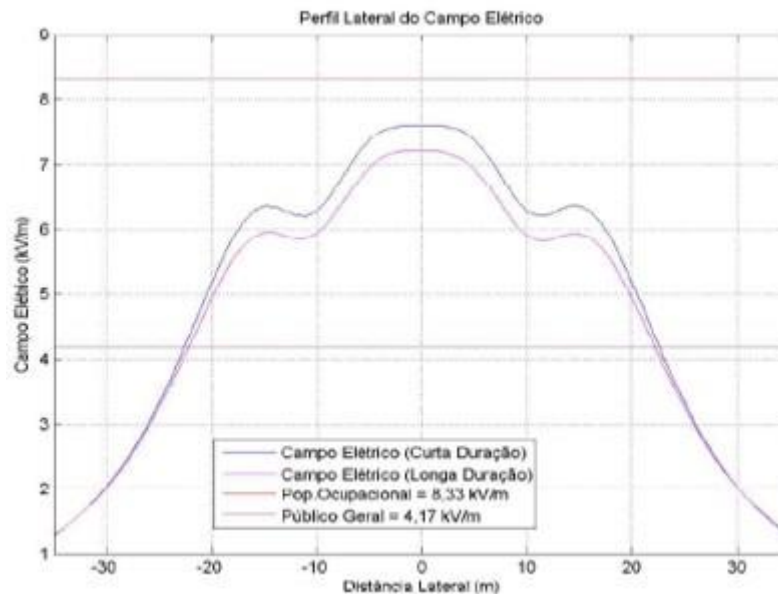


Figura 14 – Perfil do campo elétrico da LT

<sup>2</sup> No cálculo das distâncias dos condutores à superfície de águas navegáveis, o valor de “H” corresponde à altura, em metros, do maior mastro e deve ser fixado pela autoridade responsável pela navegação na via considerada, levando-se em conta o nível máximo de cheia ocorrido nos últimos 10 anos.

<sup>3</sup> A distância de segurança indicada no item 11 da tabela é para telhados e terraços não acessíveis a pedestres. Para outras condições de uso, referir-se ao item 10.3.1.6 da NBR 5422, observando-se os níveis de campo elétrico de exposição das pessoas.

<sup>4</sup> A distância de segurança indicada, deve ser verificada em relação ao topo da vegetação. De acordo com o Termo de Referência, além das Áreas de Preservação Permanente, são consideradas áreas de restrição:

- Mata atlântica, em especial, floresta primária ou em estágio médio e avançado de sucessão;
- Floresta de Araucária.

Em função do exposto, a locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil deve ser executada adotando-se o seguinte critério para a LT:

Operação de Longa Duração:

- Temperatura do condutor na condição final (creep de 10 anos): 71°C
- Espaçamento vertical mínimo para o solo: 11 m

#### 5.1.4.2 Distâncias na condição operativa de curta duração

- Parâmetros básicos:
  - ✓ Tensão máxima de operação da LT: 550kV
  - ✓ Temperatura máxima do condutor: 77°C

Assim as distâncias de segurança para operação de curta duração (condição de emergência) foram calculadas conforme distância mínima definida em função do campo elétrico de acordo com resolução normativa da ANEEL nº 915 de 23 de fevereiro de 2021, obtendo-se os resultados apresentados a seguir.

**Tabela 21 – Distâncias de segurança na condição operativa de curta duração.**

Item	Natureza da região ou obstáculo atravessado pela linha de transmissão	Distância (m)
1	Locais acessíveis apenas a pedestres	10,5
2	Locais onde circulam máquinas agrícolas	10,5
3	Rodovias, ruas e avenidas	10,5
4	Ferrovias não eletrificadas	10,5

### 5.1.4.3 Premissas do projeto para alteamento de torres

A definição de locação das estruturas prioriza, sempre que possível, áreas antropizadas fora do fragmento florestal com alturas compatíveis a se evitar a supressão. Caso não seja tecnicamente possível evitar a locação da estrutura dentro do fragmento, serão realizados inúmeros estudos técnicos inclusive com conferência de perfil de campo com a proposta de ajustar tal locação, tendo como base a análise do perfil lateral da locação da estrutura, considerando inclusive balanço das cadeias das estruturas dos vãos adjacentes à vante e ré, de forma a reduzir ou evitar a supressão nos respectivos vãos, minimizando ao máximo o impacto conforme as distâncias de segurança “cabo-vegetação” descritas anteriormente nesse item.

Nesse sentido, é prevista dentro da série de estruturas do empreendimento uma variação na altura das estruturas, de acordo com o trecho transposto, conforme apresentado na Tabela 3, visando o alteamento dos cabos em relação ao solo, de modo a conservar a cobertura vegetal, reduzindo a necessidade de supressão. Assim, o projeto contempla a utilização de torres entre 15 e 55,5 m de altura, sempre em observância à distância mínima de segurança em relação ao solo e aos obstáculos, de acordo com a aplicação do tipo de estrutura para cada trecho a ser transposto.

## 5.2 MEDIDAS DE SEGURANÇA DA LT

### 5.2.1 RESTRIÇÕES AO USO DA FAIXA DE SERVIDÃO

Conforme descrito no item 5.1.3, a Faixa de Servidão, também chamada de “faixa de segurança”, é definida visando o distanciamento necessário para garantir o bom desempenho da linha, sua inspeção, bem como a proteção da população em geral quanto à exposição aos campos elétricos e magnéticos da operação do sistema. Portanto, não devem possuir restrições impostas por terceiros que venham a impedir as atividades de rotina para a inspeção e manutenção dos ativos de transmissão, assim como a circulação de veículos, máquinas e equipamentos destinadas à conservação das instalações. Dentro deste mesmo critério estão os reparos ou atendimentos emergenciais, principalmente relacionados à rompimentos dos cabos condutores ou quedas de torres provocadas por eventos naturais, como por exemplo tempestades e ou fortes rajadas de ventos, que venham a extrapolar os critérios estabelecidos em projeto.

Assim, é fundamental a proposição de medidas que estabeleçam restrições ao uso do solo ao longo da faixa, bem como sua manutenção, conservação e proteção das áreas das torres, faixa de servidão e das vias de acesso. A segurança do público geral e da população ocupacional estão diretamente relacionadas às medidas previstas.

Como mencionado anteriormente nesse estudo, a largura da faixa de servidão (faixa de segurança) do presente projeto é de 68 m no total, sendo 34 m para cada lado, a partir do eixo da LT.

A Resolução Normativa nº 398/10 da ANEEL regulamenta a lei nº 11.934/09 e traz os níveis de referência de campo elétrico e magnético para instalações em 60 Hz. Logo quaisquer atividades em que demandem a permanência de pessoas na faixa de servidão, área das torres e estais devem ser impedidas devido exposição elevada aos campos elétrico e magnético.

Como critério geral, as faixas de servidão das linhas de transmissão não deverão ter obstáculos, vegetações ou a execução de atividades por terceiros que permitam a ocorrência de situações tais como:

- Permanência de pessoas;
- Permanência de veículos ou máquinas;
- Riscos a terceiros;
- Riscos de desligamento ou de danos à linha de transmissão.

Instalações como estradas, rodovias, ferrovias, ruas, avenidas, dutos, cercas eletrificadas, tubulações, redes elétricas, de comunicação e dados e linhas de transmissão, poderão ser permitidas, mediante apresentação prévia de projeto para análise e aprovação da Ananai e conforme os procedimentos estabelecidos na Resolução Normativa nº 797/17 da ANEEL, devendo ser avaliado individualmente (caso a caso).

Nos novos empreendimentos, esta avaliação deve ocorrer na etapa de projeto, por meio de estudos técnicos, simulações computacionais, adoção de medidas de proteção, memorial descritivo, etc. Na elaboração dos estudos, deverão ser observadas as condições de regime de operação e a possibilidade de ocorrência de acidentes relacionados com a linha de transmissão.

São citadas como atividades não permitidas na faixa de servidão:

- Construções de alvenaria, metálicas ou de madeira, barracas, tendas ou similares, acampamentos e outros;
- Outdoors e similares;
- Prédio para clube, centro cultural, centro comunitário e construções similares;
- Área de lazer, passeio público, estacionamento e área de manobra;
- Posto de abastecimento ou armazenamento de combustível e estação de gás ou área de manipulação e de transferência de combustível.
- Parque de diversões;

- Praças para prática de esportes;
- Pontos de ônibus;
- Arena de rodeio e circo;
- Parque de exposição e quermesse;
- Bancas de revista, barracas de camelôs e de ambulantes, quiosques ou similares;
- Fornos, chaminés, sistemas de irrigação ou qualquer outra instalação que possa modificar a rigidez dielétrica do ar;
- Antenas, suportes metálicos e mastro de bandeiras;
- Depósitos de materiais metálicos, de materiais inflamáveis e de explosivos, tais como, pólvora, sucatas, papéis, plásticos, lixo reciclável, carvão, combustível e similares;
- Depósitos de lixo, de entulho e de ferro velho, aterros sanitários;
- Extração minerária ou quaisquer outras que provoquem processos erosivos e alteração da topografia;
- Culturas e outros tipos de vegetação com alturas que possam violar as distâncias de segurança aos cabos condutores;
- Atividades que resultem em queimadas;
- Atividades econômicas de qualquer natureza que utilizem explosivos;
- Cais, marinas, embarcadouros e locais destinados à pesca.

## 5.2.2 ATERRAMENTO E SECCIONAMENTO DE CERCAS

Todas as cercas transversais à faixa de servidão deverão ser aterradas e seccionadas nos limites da faixa a intervalos máximos de 50m (a ser detalhado na fase de projeto executivo). As cercas situadas fora da faixa de servidão, porém a uma distância de até 50m do eixo da linha, deverão ser seccionadas a intervalos máximos de 300m e aterradas nos pontos médios dos seccionamentos feitos.

O material a ser utilizado serão seccionadores pré-formados para arames lisos e farpados (específicos para cada tipo), cabos e arames galvanizados e hastes de aterramento de 1,5m. Os cabos e arames serão presos aos fios da cerca e conectados às hastes de aterramento, espaçadas conforme projeto executivo.

A seguir são apresentadas ilustrações gráficas do esquema de aterramento das cercas.

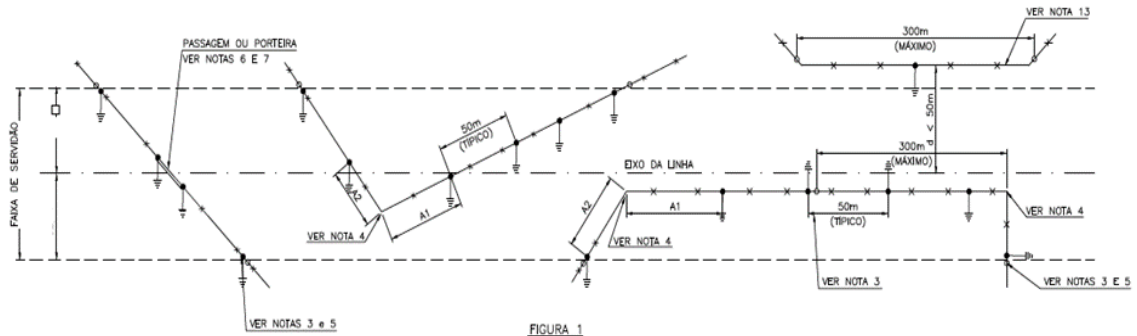


FIGURA 1  
SECCIONAMENTOS E ATERRAMENTOS TÍPICOS

CONVENÇÕES { ● ATERRAMENTO  
○ SECCIONAMENTO

Figura 15 – Seccionamentos e aterramentos típicos em cerca.

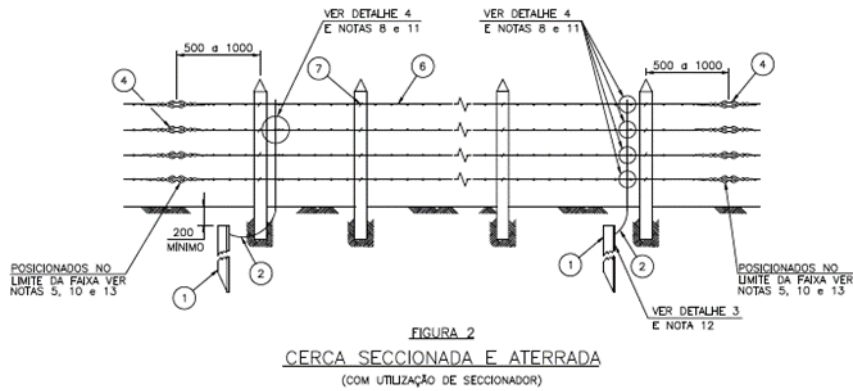


FIGURA 2  
CERCA SECCIONADA E ATERRADA  
(COM UTILIZAÇÃO DE SECCIONADOR)

Figura 16 – Cerca seccionada e aterrada.

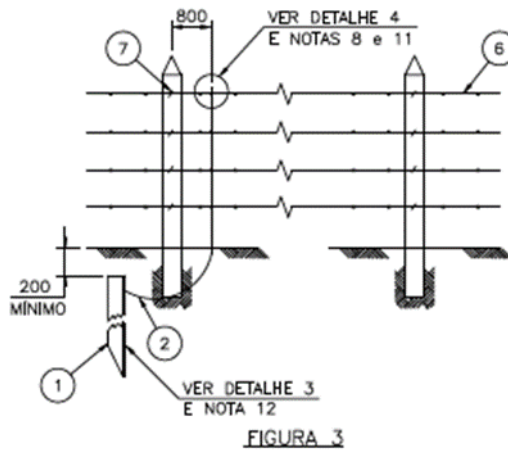


FIGURA 3  
ATERRAMENTO INTERMEDIÁRIO

Figura 17 – Esquema de aterramento intermediário de cercas.

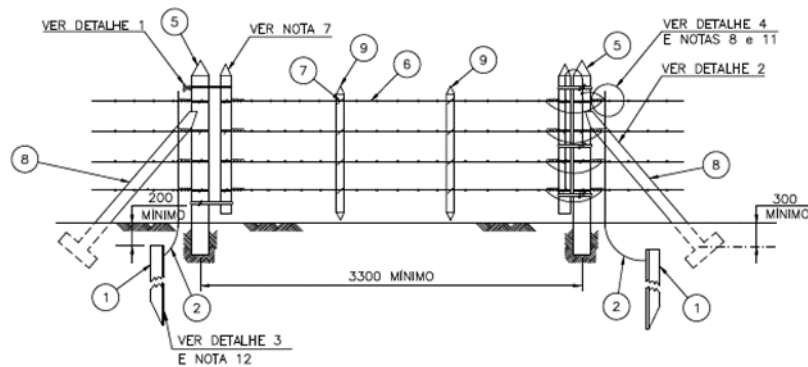


FIGURA 4  
PASSAGEM NAS CERCAS TRANSVERSAIS À FAIXA  
(DETALHE APENAS ILUSTRATIVO)

Figura 18 – Esquema de aterramento em cercas transversais à faixa.

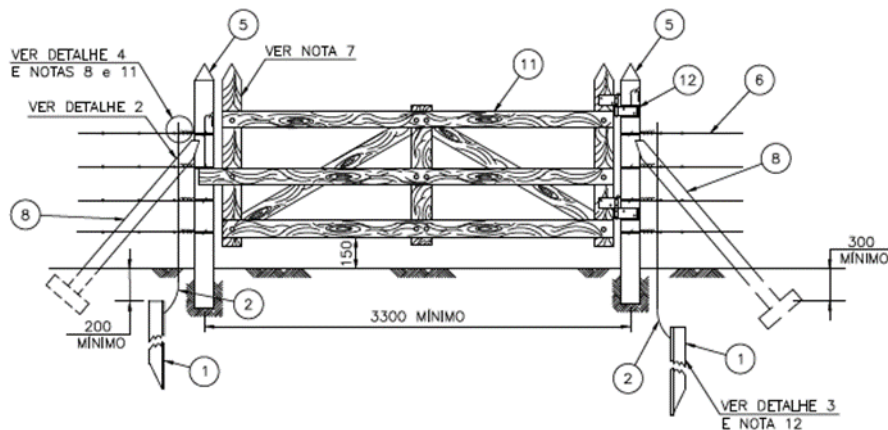


FIGURA 5  
PORTEIRA NAS CERCAS TRANSVERSAIS À FAIXA  
(DETALHE APENAS ILUSTRATIVO)

Figura 19 – Esquema de aterramento em porteiros nas cercas transversais à faixa.

### 5.3 ESTRUTURAS LOCALIZADAS NA ADA QUE POSSAM REPRESENTAR RESTRIÇÕES

Na área de instalação da LT 500 kV foram identificadas travessias de rodovias, ferrovias e pivôs centrais, não representando, porém, restrições de passagem. A diretriz definitiva da LT é selecionada levando em conta a proximidade de aeródromos e as travessias sobre obstáculos de importância tais como linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, grandes cursos d'água etc. No caso de travessias sobre linhas elétricas ou de telecomunicações, vias de transporte, edificações e vegetação considerada de preservação permanente, o projeto executivo incluirá a verificação do atendimento aos requisitos do capítulo 11 da NBR 5422.



Serão também verificadas as exigências específicas do proprietário ou concessionário do obstáculo atravessado, sempre que respaldadas pela legislação vigente.

Quando o lançamento de cabos para-raios e cabos condutores forem realizados sobre estradas vicinais ou secundárias, rodovias estaduais ou federais, ferrovias, redes elétricas ou telefônicas, ou outros obstáculos, serão construídos cavaletes para travessias, visando evitar danos aos cabos e proteger os bens da travessia, o trânsito de veículos e pedestres durante o lançamento de cabos, bem como, prevenir acidentes durante os trabalhos, principalmente nas travessias sobre redes elétricas energizadas.

Para as situações de construção de cavaletes para travessias em redes elétricas energizadas só poderá ser executado com os bloqueios do religador automático das LD ou LT, ou desligamento delas.

Normalmente os cavaletes serão estaiados, pois não só devem resistir a eventuais quedas dos cabos condutores como a possível arrasto dos cabos pilotos.

- Estaiamento - Os cavaletes devem ser obrigatoriamente estaiados, para resistir aos esforços solicitantes em função de eventuais quedas dos cabos condutores ou proteger da ação de arrastos
- Malha trançada - Sempre que necessário, deverá ser instalada uma rede ou malha de proteção, com material não condutor (corda comum ou corda de seda), para evitar que os cabos, ao serem lançados, não toquem os elementos objeto de cruzamento.

A locação de torres nas proximidades de aeródromos será precedida do levantamento de dados topográficos detalhados das pistas de pouso e de sua posição relativa em relação à diretriz da LT. De posse desses dados a projetista verificará o atendimento às exigências da Portaria do comando da Aeronáutica 256/GC5 de 13 de maio de 2011, a qual estabelece os procedimentos a serem seguidos na implantação de estruturas situadas nas proximidades de aeródromos.

Os resultados dessa verificação serão submetidos para análise do órgão no âmbito de apresentação do Projeto Executivo.

A seguir são apresentadas as travessias identificadas na área de instalação da LT 500 kV Ponta Grossa-Assis.

### 5.3.1 LINHAS DE TRANSMISSÃO

**Quadro 2 – Linhas de Transmissão existentes interceptadas pela LT Ponta Grossa-Assis.**

LT	Longitude m E	Latitude m S	Zona
Linha SE Ponta Grossa Norte SE Imbituva   138 kV	564624.56	7230879.97	22j
LT 230 kV Klabin Celulose - Ponta Grossa Norte C1	569744.28	7310328.29	22j
LT 600 kV Foz do Iguaçu - Ibiúna C1	568885.25	7320719.93	22j
LT 600 kV Foz do Iguaçu - Ibiúna C2	568885.96	7320738.97	22j
Linha SE Mauá SE Jaguariaíva   230 kV	569456.84	7332402.63	22j



LT	Longitude m E	Latitude m S	Zona
LT Ivaporã Furnas/Itabera c3   750 kV	570394.71	7334747.26	22j
LT Ivaporã Furnas/Itabera c2   750 kV	570400.82	7334821.58	22j
LT Ivaporã Furnas/Itabera c1   750 kV	571274.10	7345223.29	22j
HVDC Itaipu - Bipole North 600 kV	570410.15	7355888.72	22k
Linha SE Figueira SE Jaguariaíva   230 kV	570417.81	7356670.60	22k
LT Figueira/Ibaiti II   138 kV	570505.86	7369660.19	22k
LT Figueira/UHE Chavantes   230 kV	569804.09	7372699.33	22k
LT 138 kV Cornélio Procópio/Andirá C1 e C2	572538.36	7445619.42	22k
LT UHE Canoas I/Assis   88 kV	564533.69	7489616.03	22k
LT Londrina/Assis   230 kV	564481.24	7489749.65	22k
LT Assis/Londrina Esul   230 kV	564462.13	7489778.98	22k
LT Londrina Esul/Assis c2   500 kV	564520.30	7490710.74	22k
LT Londrina Esul/Assis c1   500 kV	564585.45	7491072.41	22k
LT Assis/Capivara   440 kV	564687.61	7491609.47	22k
LT Assis/Taquaruçu   440 kV	564697.76	7491670.80	22k

### 5.3.2 RODOVIAS

**Quadro 3 – Rodovias existentes interceptadas pela LT Ponta Grossa-Assis.**

Rodovias	Longitude m E	Latitude m S	Zona
BR 373	565571.83	7227849.73	22J
BR 376	565028.46	7234155.60	22J
BR 153 (Rodovia Transbrasiliana)	563762.50	7299132.42	22J
BR 272	570133.27	7360616.04	22K
PR - 435	570034.73	7371707.83	22K
PR - 436	568846.69	7389094.99	22K
PR - 439	570721.61	7415518.59	22K
PR - 517	571946.94	7453585.77	22K
SP - 266 (Rodovia Francisco Gabriel da Mota)	566289.55	7485891.32	22K

### 5.3.3 FERROVIAS

**Quadro 4 – Ferrovias interceptadas pela LT Ponta Grossa-Assis.**

Ferrovias	Longitude m E	Latitude m S	Zona
Referência: Estação Eng. Rosaldo Leitão	565074.44	7242559.54	22J
Referência: Estação Barro Preto do Sul	569082.63	7325998.96	22J
Referência: Estação Bandeirantes e Estação Andirá	572365.05	7447896.96	22K
Referência: Estação Candido Mota	566702.04	7481847.13	22K

### 5.3.4 PIVÔS CENTRAIS

**Quadro 5 – Pivôs centrais localizados na ADA da LT Ponta Grossa-Assis.**

Pivôs Centrais	Longitude m E	Latitude m S	Zona
Proximidade com Pivô Central	566498.79	7485457.39	22k

## 5.4 TÉCNICAS CONSTRUTIVAS ESPECIAIS

### 5.4.1 ÁREAS INUNDÁVEIS

De acordo com o levantamento de vulnerabilidade para inundação (MAPA XXXX), foi identificada apenas uma área com potencial de inundação sendo interceptada pela diretriz da LT Ponta Grossa-Assis, no trecho entre os municípios de Andirá e Bandeirantes, classificada como de baixo potencial.

Além do levantamento a partir da vulnerabilidade geotécnica, é realizada a sondagem geotécnica, para identificação da característica do solo ao longo da diretriz em 100% das estruturas.

Nesse sentido, nas áreas identificadas com potencial de inundação, serão adotadas técnicas construtivas cujas ações interventivas sejam reduzidas, quais sejam:

Os acessos poderão ser executados com aplicação de revestimentos e, posteriormente, utilização de estivas de madeira, pontes brancas e/ou decks. A execução de aterro para acessos sempre que possível será evitada e, quando necessário, será comunicado antes do início das atividades.

As estruturas serão locadas em áreas secas, caso haja necessidade técnica de locação em área alagável, a execução será planejada para ocorrer no período seco. Caso alguma estrutura seja locada em área alagável, serão projetadas fundações com fustes sobre-elevados para que toda a estrutura metálica fique acima da cota de enchente. O tipo de fundação será determinado ainda durante o projeto executivo, bem como seu método executivo.

### 5.4.2 ÁREAS FLORESTAIS

Conforme mencionado anteriormente, no item 5.1.4.3 Premissas do projeto para alteamento de torres, a definição do projeto para a instalação da linha de transmissão prioriza a passagem e alocação de estruturas em áreas não florestadas, sempre observando todas as condições de viabilidade ambiental no tocante às áreas e vegetação protegidas, a fim de se ter a menor intervenção possível. Todavia, quando não for viável atender a essa premissa, todavia, sem prejuízos da observância às normativas vigentes quanto à restrição de supressão, serão analisadas as possíveis soluções de engenharia visando evitar ou minimizar a supressão da vegetação. Tais medidas, que poderão ser definidas a partir do avanço do projeto executivo, avaliarão a viabilidade do uso de soluções alternativas que contemplem:

- Alçamento dos cabos, viabilizando a manutenção da vegetação a uma distância segura na relação “cabo x vegetação”, de acordo com a distância de segurança prevista;
- A utilização de torres autoportantes, devido à menor área de base em relação às torres estaiadas;
- Utilização de lançamento de cabos por métodos não convencionais, como por exemplo com o uso de drones.
- Técnicas especiais de supressão priorizando sempre o efeito de borda, restringindo apenas ao necessário para implantação das torres;
- Projeto especial para o sistema de aterramento das estruturas em áreas de mata nativa.

#### 5.4.3 ÁREAS DE RESIDÊNCIAS E BENFEITORIAS

Ao longo da análise locacional do traçado, do ponto de vista das restrições socioambientais, é observada a presença de residências e benfeitorias, visando que a diretriz do traçado seja projetada de modo a evitar a interceptação dessas estruturas, e locação de torres próximas a residências e benfeitorias. Quando não é viável o desvio, residências e benfeitorias são objetos de avaliação fundiária, para as devidas indenizações e realocações junto aos proprietários.

### 5.5 CARACTERÍSTICAS DAS SUBESTAÇÕES

O projeto prevê a ampliação das subestações SE Ponta Grossa e SE Assis, localizadas nas cidades homônimas, no estado do Paraná e São Paulo, respectivamente. A seguir são apresentadas as características das subestações existentes, bem como das intervenções previstas para a ampliação do sistema e acesso da LT 500 kV Ponta Grossa-Assis.

#### 5.5.1 SUBESTAÇÃO PONTA GROSSA

##### 5.5.1.1 Localização

A Subestação Ponta Grossa está localizada na BR 373, na cidade de Ponta Grossa, no estado do Paraná. Sua localização geográfica precisa é obtida pelas seguintes coordenadas: 22J 568274 E 7224840 S.

##### 5.5.1.2 Propriedade e regularidade ambiental

A SE pertence a ENGIE Brasil Energia S/A e faz parte da Rede Básica do Sistema Interligado Nacional (SIN).

A Licença de Operação 36723/21 foi emitida pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP, com validade de 24/05/2026, em nome do empreendimento Gralha Azul Transmissão de Energia S/A.

A ampliação, objeto do presente estudo, está sendo submetida ao licenciamento federal, em virtude de compor um sistema de transmissão localizado em dois estados.

### 5.5.1.3 Características operacionais e ampliação

Atualmente, é constituída por dois setores, 525 e 230 kV, com 3 bancos de transformadores (525/230/13,8kV) e potência instalada de 224MVAR cada. O setor a ser ampliado é o de 525 kV, sendo necessário implementar duas novas entradas de linha na SE Ponta Grossa, dois módulos de interligação de barras, bem como dois bancos de reatores de linha de 500 kV, caracterizando 90,7 MVAR por banco.

A SE possui esquema de manobra do tipo “Disjuntor e Meio” e contará com os seguintes módulos:

Tabela 22 – Equipamentos a serem instalados na SE Ponta Grossa.

Equipamentos Principais	
Quantidade	Descrição
2	Módulos de entrada de linha
2	Módulo de Interligação de Barras
2	Módulos de Conexão de Reator de Linha – Sem disjuntor
7	Unidades monofásicas de Reator de Linha de 30, 23 Mvar (LT 500 kV Assis – Ponta Grossa C1 e C2)

A área total da SE Ponta Grossa é de 230.087 m<sup>2</sup>, onde 67.331m<sup>2</sup> já construída e terá uma área de 32.093 m<sup>2</sup> de ampliação.



Figura 20 – SE Ponta Grossa – Área da ampliação e canteiro de obras.

A seguir é apresentado o arranjo físico da SE Ponta Grossa com a representação gráfica do local de acesso da nova LT (pórticos de entrada), bem como a localização dos reatores.

**Figura 21 – Arranjo físico da SE Ponta Grossa.**

#### 5.5.1.4 Setor 500 kV

A seguir são apresentadas as características principais do projeto eletromecânico do setor de 500 kV da SE Ponta Grossa.

##### 5.5.1.4.1 Valores nominais

**Tabela 23 – Valores nominais do setor 500 kV da SE Ponta Grossa.**

Equipamentos Principais	
Tensão nominal entre fases (eficaz)	500 kV
Tensão máxima de operação entre fases (eficaz)	550 kV
Frequência nominal	60 Hz

##### 5.5.1.4.2 Valores de curto-circuito

**Tabela 24 – Valores de curto circuito do setor 500 kV da SE Ponta Grossa.**

Equipamentos Principais	
Corrente de curto-circuito nominal dos equipamentos	50 kA
Valor de crista da corrente suportável nominal dos equipamentos	130 kA
Fator de assimetria dos equipamentos	2,6

##### 5.5.1.4.3 Espaçamentos Elétricos

**Tabela 25 – Espaçamentos elétricos do setor 500 kV da SE Ponta Grossa.**

Distâncias por estrutura	
Distância mínima vertical entre partes energizadas e o nível do solo	8,10 m
Distância mínima vertical entre partes energizadas e a via de acesso principal, com circulação de carretas	29,50 m livre
Distância entre eixos de barramentos flexíveis – barramento superior	8,50 m
Distância entre eixos de barramentos flexíveis – barramento inferior	7,50 m
Distância entre eixos de barramentos flexíveis – barramento principal	8,50 m
Altura mínima da base de isoladores de pedestal ou parte inferior da coluna isolante de equipamentos ao topo da camada de brita	2,50 m
Distância mínima fase-fase	5,30 m
Distância mínima fase-terra	4,10 m

#### 5.5.1.5 Condutores e Barramentos

As conexões dos para-raios terão flexibilidade suficiente para retirada do equipamento em um mínimo de tempo, sem afetar as conexões adjacentes.

Nas ligações entre os barramentos flexíveis de níveis diferentes ou entre barramentos flexíveis e barramentos rígidos com cabos aéreos flexíveis, serão previstos cabos com comprimentos suficientes para evitar maiores esforços.

As curvaturas das descidas dos barramentos flexíveis de interligação entre barramentos intermediários e barramentos inferiores ou equipamentos serão, sempre que possível, idênticas para as três fases do mesmo vão.

Sempre que possível, os barramentos serão instalados antes de serem montados os equipamentos eletromecânicos. Serão evitadas, dobras, tensões ou ranhuras de qualquer espécie nos condutores. Para se efetuar a prensagem das luvas/conectores, serão obedecidas rigorosamente às indicações dos fabricantes, quanto à maneira e área de compressão. Após a prensagem, a fiscalização deverá analisar rigorosamente as luvas para se verificar se estão em perfeitas condições.

#### 5.5.1.5.1 Barramentos

Serão adotados para os barramentos de circuitos cabos CAA Rail (cabo de alumínio com alma de aço), cabos ACAR Manaus (cabo de alumínio reforçado com liga de alumínio) e Tubos de alumínio.

#### 5.5.1.5.2 Condutores Isolados – baixa tensão

Todos os cabos de baixa tensão utilizados para proteção, automação e controle, força e iluminação serão blindados. Cuidado especial será tomado para que o esforço de tração para lançamento dos cabos não ultrapasse jamais os esforços máximos permissíveis para cada seção do condutor, respectivamente nos trechos retos e curvos.

Não serão permitidas emendas nos cabos, para iluminação e tomadas do pátio serão instaladas caixas de repartição de cabos. Todos os cabos serão identificados com a denominação do projeto. As etiquetas para identificação definitiva dos cabos serão colocadas durante a conexão dos mesmos, quando então é feito o teste de confirmação da concordância das extremidades. A identificação da fiação ou de cada condutor, junto aos bornes de ligação, será feita mediante a utilização de anilhas ou de cinta plástica, de acordo com a bitola do condutor, ambas com a gravação permanente.

#### 5.5.1.6 **Sistema de aterramento e blindagem**

Serão ligadas no sistema de aterramento todas as partes metálicas não energizadas de todas as estruturas e equipamentos elétricos, tais como motores, transformadores, painéis, chaves seccionadoras, eletrodutos, bandejas, etc., nos pontos indicados nos desenhos do projeto para segurança de pessoal.

Nas caixas de passagem, as extremidades dos eletrodutos metálicos serão aterradas por meio de buchas de aterramento adequado, interligadas com o cabo de cobre nu de aterramento.

A blindagem dos cabos isolados de baixa tensão será ligada ao sistema de terra conforme instruções do projeto.

As conexões entre os cabos da malha de aterramento e os pontos a serem aterrados serão feitas pelo método de solda exotérmica ou por conexão a compressão por pessoal treinado neste processo.



Os condutores de derivação terão o comprimento necessário para atingir os conectores de aterramento dos equipamentos e de outros pontos a serem aterrados, nos locais indicados no projeto. Caso um determinado equipamento não esteja completamente montado na ocasião de instalação do condutor de derivação, este será deixado enrolado, com um comprimento suficiente para que não haja emenda não prevista no projeto.

Após a execução de cada conexão (soldada ou aparafusada) entre condutores ou entre estes equipamentos ou estruturas a serem aterrados, será procedida uma minuciosa revisão a fim de se garantir a sua perfeição e a continuidade do sistema.

O sistema de blindagem contra descargas atmosféricas consistirá em uma rede formada por cabos e hastes, ligadas à malha de aterramento da subestação, visando proporcionar proteção contra incidência direta de descargas atmosféricas e minimizar seus efeitos nas instalações e nas pessoas. Serão utilizados cabos de aço extraforte, conforme definição de projeto.

#### 5.5.1.7 Canaletas e caixas de passagem

As canaletas deverão ser executadas em alvenaria, drenadas, com tampas em concreto. Nos pontos de circulação de veículos deverão ser construídas canaletas reforçadas ou redes de dutos, preferencialmente, em material de PEAD (polietileno de alto desempenho).

Nas canaletas referentes a este empreendimento, serão instalados 02 cabos de aterramento 01 em cada lado da canaleta para blindagem, em seu sentido longitudinal, ligados à malha principal aproximadamente de 30 em 30 metros.

#### 5.5.1.8 Iluminação e tomadas

O comando e a proteção dos diversos circuitos de iluminação e tomadas serão feitos a partir da barra dos painéis de serviços auxiliares existentes ou conforme definição do projeto de serviços auxiliares.

##### 5.5.1.8.1 Iluminação do Pátio

Os equipamentos de iluminação serão instalados em corrente alternada adequados ao sistema existente e serão apropriados para o uso de lâmpadas de LED, e serão montados nas estruturas metálicas (pórticos).

Os níveis de iluminamento serão garantidos a nível da brita, conforme tabela abaixo:

**Tabela 26 – Iluminação horizontal mínima a nível da brita no setor 500 kV da SE Ponta Grossa.**

Locais	Nível de iluminamento
Área das vias de acesso e Pátio	5 lux
Área dos equipamentos de manobra do pátio	15 lux
Área dos transformadores, reatores e autotransformadores	25 lux

##### 5.5.1.8.2 Tomadas do Pátio

As tomadas do pátio, apropriadas para uso em corrente alternada, serão alimentadas a partir da barra de cargas CA, que estão previstas as utilizações de tomadas trifásicas e monofásicas, de modo a atender às necessidades de manutenção de equipamentos e ligação de luminárias portáteis.

#### **5.5.1.9 Blindagem contra descargas atmosféricas**

A memória de cálculo do sistema de blindagem contra descargas atmosféricas a ser instalado na área energizada dos pátios, será elaborada de acordo com as prescrições da IEEE 998-2012 e NBR 5419, na qual será calculado o raio da esfera rolante para aplicação da teoria eletro geométrica na proteção de subestações. Atendendo ainda às recomendações do Procedimento de Rede, Submódulo 2.3 do ONS, que estabelece a proteção para corrente de descarga superiores a 2 kA.

#### **5.5.1.10 Isoladores de pedestal e cadeias de isoladores**

Serão utilizadas colunas de isoladores de pedestal tipo multicorpo, em porcelana, com distância mínima de escoamento 25 mm/kV.

As cadeias de isoladores terão as seguintes características:

- Cadeias dupla para ancoragem para 500 kV com 2x28 isoladores;
- Isoladores de disco, em vidro temperado, 254x146 mm, classe 120 kN, tipo concha-bola, anti-corona;
- Ferragens com classe de ruptura de 120 kN e 240 kN.

As colunas de isoladores terão as seguintes características:

- Tipo: TR ou multicorpo;
- Distância de escoamento 25 mm/kV;
- Tensão nominal 500 kV.

#### **5.5.1.11 Conectores**

Os conectores a serem utilizados serão anti-corona e possuirão tensão mínima para atendimento aos critérios de RIV/CORONA. Os conectores terão basicamente as seguintes características:

- Material: alumínio;
- Parafusos e porcas: aço inoxidável/aço galvanizado.

Após a montagem dos barramentos, serão instalados todos os conectores e espaçadores necessários e indicados pelo projeto. Antes de instalados, os conectores e espaçadores serão examinados minuciosamente.

### 5.5.1.12 Fundações

As fundações serão dimensionadas para suportar as combinações mais desfavoráveis de carregamentos provenientes do peso próprio, vento, curto-circuito, tração dos cabos e equipamentos, que venham a ocorrer durante a montagem e/ou operação da subestação.

As fundações deverão ser projetadas para resistir às solicitações máximas devidas a qualquer combinação de condições de condutores rompidos, ventos, cargas acidentais e cargas de montagem.

As fundações serão aplicadas conforme considerações descritas na tabela a seguir.

**Tabela 27 – Fundações para cargas do projeto.**

Fundações para suporte de equipamentos	Fundações para suporte de barramentos
Peso próprio do equipamento, suporte, fundação e de acessórios	Peso próprio da torre, fundação, cadeias e equipamentos
Carga de vento no equipamento, no barramento e no suporte	Cargas devidas à tração dos cabos condutores e para-raios
Carga dinâmica devido a curto-circuito, onde aplicável	Carga de vento na torre, cadeias e cabos
Carga de operação do equipamento, onde aplicável	Carga de operação, onde aplicável
Carga devida à tração do barramento	-

#### 5.5.1.12.1 Cargas Devidas ao Vento e Curto-Circuito

Todas as estruturas e suportes da subestação, que estejam localizadas em posições sujeitas à ação do vento, deverão ser projetadas considerando uma pressão de vento obtida conforme Norma ABNT NBR 6123;

Nas estruturas com alturas muito superiores a 10 m, os valores de pressão de vento serão efetivamente corrigidos, segundo recomendações da norma brasileira ABNT NBR 6123.

No caso de curto-circuito, serão feitas duas combinações para dimensionamento dos suportes de equipamentos, prevalecendo a mais desfavorável:

- Ação total do vento mais 60% da ação de curto-circuito;
- Ação total do curto-circuito mais 60% da ação total do vento.

Além disso, as fundações poderão ser diretas ou profundas, de acordo com o tipo de solo e capacidade de carga do mesmo ao longo da sua profundidade.

- Fundação em sapatas de concreto armado;

- Fundação em blocos com estacas;
- Fundação em tubulões de concreto armado;
- Fundação para postes e suportes de concreto armado pré-moldados.

As fundações serão construídas de modo a atender as seguintes normas da ABNT: NBR 6118 - Projeto e execução de obras de concreto armado; NBR 6123 – Força devido ao vento em edificações; NBR 7480 – Barras e fios de aço destinados à armadura de concreto armado, e em especial a NBR 6122 - Projeto e execução de fundações, além das demais normas da ABNT para cada particularidade, bem como os elementos contidos no projeto.

## 5.5.2 SUBESTAÇÃO ASSIS

### 5.5.2.1 Localização

A Subestação Assis está localizada no município de Assis, Estado de São Paulo, às margens da Rodovia Raposo Tavares, à 12km do centro do município. Sua localização geográfica precisa é obtida pelas seguintes coordenadas: 22J 568274 E 7224840 S.

### 5.5.2.2 Propriedade e regularidade ambiental

A SE Assis pertence à CTEEP – Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista. A Licença de Operação 00136 foi emitida pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB.

Assim, como na SE Ponta Grossa, a ampliação objeto do presente estudo está sendo submetida ao licenciamento federal, em virtude de compor um sistema de transmissão localizado em dois estados.

### 5.5.2.3 Características operacionais e ampliação

Atualmente, é constituída por cinco setores, 500, 400, 230, 88 e 13,8 kV, com 1 banco de transformador (525/440/13,8kV) de potência instalada de 500MVA.

O setor a ser ampliado é o de 500 kV, sendo necessário implementar duas novas entradas de linha na SE Assis, bem como dois bancos de reatores de linha de 500 kV, caracterizando 90,7 MVAR por banco.

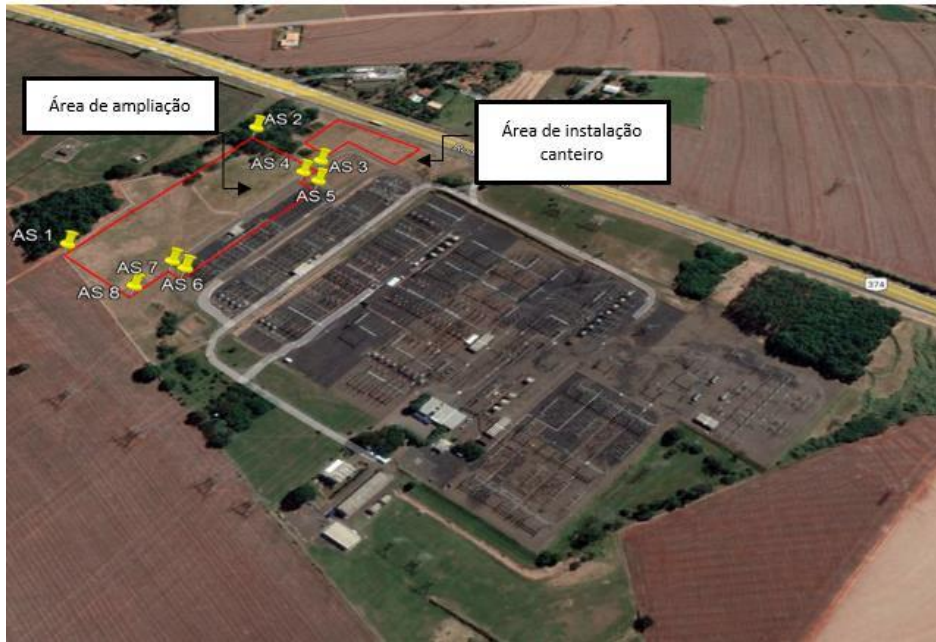
A SE possui esquema de manobra do tipo “Disjuntor e Meio” e contará com os seguintes módulos:

**Tabela 28 – Equipamentos a serem instalados na SE Assis.**

Equipamentos Principais	
Quantidade	Descrição
2	Módulos de entrada de linha
2	Módulo de Interligação de Barras
2	Módulos de Conexão de Reator de Linha – Sem disjuntor

Equipamentos Principais	
Quantidade	Descrição
7	Unidades monofásicas de Reator de Linha de 30, 23 Mvar (LT 500 kV Assis – Ponta Grossa C1 e C2)

A área total da SE Assis é de 130.279 m<sup>2</sup>, onde 64.371 m<sup>2</sup> já construída e terá uma área de 21.228 m<sup>2</sup> de ampliação.



**Figura 22 – SE Assis – Área da ampliação e canteiro de obras.**

A seguir é apresentado o arranjo físico da SE Assis com a representação gráfica do local de acesso da nova LT (pórticos de entrada), bem como a localização dos reatores.

**Figura 23 – Arranjo físico da SE Assis.**

#### 5.5.2.4 Setor 500 kV

A seguir são apresentadas as características principais do projeto eletromecânico do setor de 500 kV da SE Assis.

##### 5.5.2.4.1 Valores nominais

**Tabela 29 – Valores nominais do setor 500 kV da SE Assis.**

Equipamentos Principais	
Tensão nominal entre fases (eficaz)	500 kV
Tensão máxima de operação entre fases (eficaz)	550 kV
Frequência nominal	60 Hz

##### 5.5.2.4.2 Valores de curto-circuito

**Tabela 30 – Valores de curto circuito do setor 500 kV da SE Assis.**

Equipamentos Principais	
Corrente de curto-circuito nominal dos equipamentos	50 kA
Valor de crista da corrente suportável nominal dos equipamentos	130 kA
Fator de assimetria dos equipamentos	2,6

##### 5.5.2.4.3 Espaçamentos Elétricos

**Tabela 31 – Espaçamentos elétricos do setor 500 kV da SE Assis.**

Distâncias por estrutura	
Distância mínima vertical entre partes energizadas e o nível do solo	7,80 m
Distância mínima vertical entre partes energizadas e a via de acesso principal, com circulação de carretas	14,20 m livre
Distância entre eixos de barramentos flexíveis – barramento superior	7,50 m
Distância entre eixos de barramentos flexíveis – barramento inferior	7,50 m
Distância entre eixos de barramentos rígidos das barras I e II	9,00 m
Altura mínima da base de isoladores de pedestal ou parte inferior da coluna isolante de equipamentos ao topo da camada de brita	8,00 m
Distância mínima fase-fase	5,30 m
Distância mínima fase-terra	4,10 m

#### 5.5.2.5 Condutores e Barramentos

As conexões dos para-raios terão flexibilidade suficiente para retirada do equipamento em um mínimo de tempo, sem afetar as conexões adjacentes.

Nas ligações entre os barramentos flexíveis de níveis diferentes ou entre barramentos flexíveis e barramentos rígidos com cabos aéreos flexíveis, serão previstos cabos com comprimentos suficientes para evitar maiores esforços.

As curvaturas das descidas dos barramentos flexíveis de interligação entre barramentos intermediários e barramentos inferiores ou equipamentos serão, sempre que possível, idênticas para as três fases do mesmo vão.



Sempre que possível, os barramentos serão instalados antes de serem montados os equipamentos eletromecânicos. Serão evitadas dobras, tensões ou ranhuras de qualquer espécie nos condutores. Para se efetuar a prensagem das luvas/conectores, serão obedecidas rigorosamente às indicações dos fabricantes, quanto à maneira e área de compressão. Após a prensagem, a fiscalização deverá analisar rigorosamente as luvas para se verificar se estão em perfeitas condições.

#### 5.5.2.5.1 Barramentos

Serão adotados para os barramentos de circuitos cabos ACAR (cabo de alumínio com alma de liga de alumínio) e Tubos de alumínio.

#### 5.5.2.5.2 Condutores Isolados – baixa tensão

Todos os cabos de baixa tensão utilizados para proteção, automação e controle, força e iluminação serão blindados. Cuidado especial será tomado para que o esforço de tração para lançamento dos cabos não ultrapasse jamais os esforços máximos permissíveis para cada seção do condutor, respectivamente nos trechos retos e curvos.

Não serão permitidas emendas nos cabos, para iluminação e tomadas do pátio serão instaladas caixas de repartição de cabos. Todos os cabos serão identificados com a denominação do projeto. As etiquetas para identificação definitiva dos cabos serão colocadas durante a conexão, quando então é feito o teste de confirmação da concordância das extremidades. A identificação da fiação ou de cada condutor, junto aos bornes de ligação, será feita mediante a utilização de anilhas ou de cinta plástica, de acordo com a bitola do condutor, ambas com a gravação permanente.

#### 5.5.2.6 **Sistema de aterramento e blindagem**

Serão ligadas no sistema de aterramento todas as partes metálicas não energizadas de todas as estruturas e equipamentos elétricos, tais como motores, transformadores, painéis, chaves seccionadoras, eletrodutos, bandejas etc., nos pontos indicados nos desenhos do projeto para segurança de pessoal.

Nas caixas de passagem, as extremidades dos eletrodutos metálicos serão aterradas por meio de buchas de aterramento adequado, interligadas com o cabo de cobre nu de aterramento.

A blindagem dos cabos isolados de baixa tensão será ligada ao sistema de terra conforme instruções do projeto.

As conexões entre os cabos da malha de aterramento e os pontos a serem aterrados serão feitas pelo método de solda exotérmica ou por conexão a compressão por pessoal treinado neste processo.

Os condutores de derivação terão o comprimento necessário para atingir os conectores de aterramento dos equipamentos e de outros pontos a serem aterrados, nos locais indicados no



projeto. Caso um determinado equipamento não esteja completamente montado na ocasião de instalação do condutor de derivação, este será deixado enrolado, com um comprimento suficiente para que não haja emenda não prevista no projeto.

Após a execução de cada conexão (soldada ou aparafusada) entre condutores ou entre estes equipamentos ou estruturas a serem aterrados, será procedida uma minuciosa revisão a fim de se garantir a sua perfeição e a continuidade do sistema.

O sistema de blindagem contra descargas atmosféricas consistirá em uma rede formada por cabos e hastes, ligadas à malha de aterramento da subestação, visando proporcionar proteção contra incidência direta de descargas atmosféricas e minimizar seus efeitos nas instalações e nas pessoas. Serão utilizados cabos de aço extraforte, conforme definição de projeto.

#### 5.5.2.7 Canaletas e caixas de passagem

As canaletas deverão ser executadas em alvenaria, drenadas, com tampas em concreto. Nos pontos de circulação de veículos deverão ser construídas canaletas reforçadas ou redes de dutos, preferencialmente, em material de PEAD (polietileno de alto desempenho).

Nas canaletas referentes a este empreendimento, serão instalados 02 cabos de aterramento 01 em cada lado da canaleta para blindagem, em seu sentido longitudinal, ligados à malha principal aproximadamente de 30 em 30 metros.

#### 5.5.2.8 Iluminação e tomadas

O comando e a proteção dos diversos circuitos de iluminação e tomadas serão feitos a partir da barra dos painéis de serviços auxiliares existentes ou conforme definição do projeto de serviços auxiliares.

##### 5.5.2.8.1 Iluminação do Pátio

Os equipamentos de iluminação serão instalados em corrente alternada adequados ao sistema existente e serão apropriados para o uso de lâmpadas de LED, e serão montados nas estruturas metálicas (pórticos).

Os níveis de iluminamento serão garantidos a nível da brita, conforme tabela abaixo

**Tabela 32 - Iluminação horizontal mínima a nível da brita no setor 500 kV da SE Ponta Grossa.**

Locais	Nível de iluminamento
Área das vias de acesso e Pátio	5 lux
Área dos equipamentos de manobra do pátio	15 lux
Área dos transformadores, reatores e autotransformadores	25 lux

##### 5.5.2.8.2 Tomadas do Pátio

As tomadas do pátio, apropriadas para uso em corrente alternada, serão alimentadas a partir da barra de cargas CA, que estão previstas as utilizações de tomadas trifásicas e

monofásicas, de modo a atender às necessidades de manutenção de equipamentos e ligação de luminárias portáteis.

#### **5.5.2.9 Blindagem contra descargas atmosféricas**

A memória de cálculo do sistema de blindagem contra descargas atmosféricas a ser instalado na área energizada dos pátios, será elaborada de acordo com as prescrições da IEEE 998-2012 e NBR 5419, na qual será calculado o raio da esfera rolante para aplicação da teoria eletro geométrica na proteção de subestações. Atendendo ainda às recomendações do Procedimento de Rede, Submódulo 2.3 do ONS, que estabelece a proteção para corrente de descarga superiores a 2 kA.

#### **5.5.2.10 Isoladores de pedestal e cadeias de isoladores**

Serão utilizadas colunas de isoladores de pedestal tipo multicorpo, em porcelana, com distância mínima de escoamento 25 mm/kV.

As cadeias de isoladores terão as seguintes características:

- Cadeias dupla para ancoragem para 500 kV com 2x28 isoladores;
- Isoladores de disco, em vidro temperado, 254x146 mm, classe 120 kN, tipo concha-bola, anti-corona;
- Ferragens com classe de ruptura de 120 kN e 240 kN.

As colunas de isoladores terão as seguintes características:

- Tipo: TR ou multicorpo;
- Distância de escoamento 25 mm/kV;
- Tensão nominal 500 kV.

#### **5.5.2.11 Conectores**

Os conectores a serem utilizados serão anti-corona e possuirão tensão mínima para atendimento aos critérios de RIV/CORONA. Os conectores terão basicamente as seguintes características:

- Material: alumínio;
- Parafusos e porcas: aço inoxidável/aço galvanizado.

Após a montagem dos barramentos, serão instalados todos os conectores e espaçadores necessários e indicados pelo projeto. Antes de instalados, os conectores e espaçadores serão examinados minuciosamente.

### 5.5.2.12 Fundações

As fundações serão dimensionadas para suportar as combinações mais desfavoráveis de carregamentos provenientes do peso próprio, vento, curto-circuito, tração dos cabos e equipamentos, que venham a ocorrer durante a montagem e/ou operação da subestação.

As fundações deverão ser projetadas para resistir às solicitações máximas devidas a qualquer combinação de condições de condutores rompidos, ventos, cargas acidentais e cargas de montagem.

As fundações serão aplicadas conforme considerações descritas na tabela a seguir.

**Tabela 33 - Fundações para cargas do projeto.**

Fundações para suporte de equipamentos	Fundações para suporte de barramentos
Peso próprio do equipamento, suporte, fundação e de acessórios	Peso próprio da torre, fundação, cadeias e equipamentos
Carga de vento no equipamento, no barramento e no suporte	Cargas devidas à tração dos cabos condutores e para-raios
Carga dinâmica devida a curto-circuito, onde aplicável	Carga de vento na torre, cadeias e cabos
Carga de operação do equipamento, onde aplicável	Carga de operação, onde aplicável
Carga devida à tração do barramento	-

#### 5.5.2.12.1 Cargas Devidas ao Vento e Curto-Circuito

Todas as estruturas e suportes da subestação, que estejam localizadas em posições sujeitas à ação do vento, deverão ser projetadas considerando uma pressão de vento obtida conforme Norma ABNT NBR 6123;

Nas estruturas com alturas muito superiores a 10 m, os valores de pressão de vento serão efetivamente corrigidos, segundo recomendações da norma brasileira ABNT NBR 6123.

No caso de curto-circuito, serão feitas duas combinações para dimensionamento dos suportes de equipamentos, prevalecendo a mais desfavorável:

- Ação total do vento mais 60% da ação de curto-circuito;
- Ação total do curto-circuito mais 60% da ação total do vento.

Além disso, as fundações poderão ser diretas ou profundas, de acordo com o tipo de solo e capacidade de carga ao longo da sua profundidade.

- Fundação em sapatas de concreto armado;

- Fundação em blocos com estacas;
- Fundação em tubulões de concreto armado;
- Fundação para postes e suportes de concreto armado pré-moldados.

As fundações serão construídas de modo a atender as seguintes normas da ABNT: NBR 6118 - Projeto e execução de obras de concreto armado; NBR 6123 – Força devido ao vento em edificações; NBR 7480 – Barras e fios de aço destinados à armadura de concreto armado, e em especial a NBR 6122 - Projeto e execução de fundações, além das demais normas da ABNT para cada particularidade, bem como os elementos contidos no projeto.

## 5.6 RISCOS DE ACIDENTES

Por se tratar de empreendimento linear, em que não há o isolamento físico da área de domínio da propriedade, as medidas preventivas e mitigadoras a serem adotadas durante a instalação e operação visam não só a segurança dos trabalhadores, mas também da população do entorno.

Os principais acidentes que podem envolver tanto trabalhadores quanto comunidade são atropelamentos, quedas de materiais/estruturas, queda de pessoas e acidentes causados por descargas elétricas.

De um modo geral, são previstas uma série de ações preventivas por parte do projeto, acerca de procedimentos adequados de segurança quanto às atividades de instalação. No que tange à comunidade, todas as ações são complementadas por dispositivos de sinalização e comunicação, que deverão ser utilizados para conscientização da população sobre os limites do empreendimento e dos riscos de suas instalações e operação.

A seguir são apresentados os principais riscos de acidentes relacionados às fases de instalação e operação do empreendimento, bem como as medidas a serem adotadas tanto pelo empreendedor, quanto pela comunidade

**Tabela 34 – Principais riscos de acidentes relacionados às fases de implantação e operação da LT.**

	Instalação	Operação	Ações por parte do empreendimento	Ações por parte da comunidade
Riscos de Acidentes de Trânsito e Atropelamentos	X	X	Aplicação de Treinamentos específicos para os condutores em direção defensiva e operação de máquinas/equipamentos, sinalização de vias no trajeto do empreendimento; Campanha periódica de segurança no trânsito com trabalhadores e comunidade.	Comunidade deverá manter o cumprimento das leis de trânsito e respeitar toda sinalização
Riscos de quedas em escavações	X		Realizar o tamponamento das cavas estreitas ou cercamento nas cavas maiores para evitar quedas de pessoas e animais e instalar sinalização com risco de quedas	Respeitar toda sinalização/isolamento de segurança e não entrar em área de obra sem qualquer autorização
Risco de Quedas de Peças ou Torres durante a construção	X		Não realizar montagem de torres durante a incidência de ventos fortes ou chuvas; prover todo ferramental necessário para uma montagem dentro do procedimento executivo da atividade. Manter sinalização durante período de atividade para garantir a não entrada de pessoas não autorizadas na área de trabalho.	Respeitar toda sinalização/isolamento de segurança e não entrar em área de obra sem qualquer autorização
Risco de Quedas de Peças ou Cabos durante lançamento	X		Não realizar lançamento de cabos com incidências de ventos fortes ou chuvas, prover todo ferramental necessário para o Lançamento dentro do procedimento executivo da atividade, como por exemplo o uso de cavaletes e malha trançada. Manter sinalização durante período de atividade para garantir a não entrada de pessoas não autorizadas na área de trabalho.	Respeitar toda sinalização/isolamento de segurança e não entrar em área de obra sem qualquer autorização
Risco de Incidências de Raios	X	X	Prover, antes de qualquer atividade de escalada em torre ou montagem, o aterramento da estrutura para garantir a dissipação de energia recebida durante qualquer descarga atmosférica. Manter sinalização durante período de atividade para garantir a não entrada de pessoas não autorizadas na área de trabalho. Nas atividades de lançamento de cabos, deverá estar aterrado os cavaletes das bobinas que estão sendo trabalhadas, os cabos condutores na saída dos equipamentos de lançamento, deverão ter o aterramento provisório. Deverá instalar aterramento móvel nas roldanas/bandolas aleatoriamente no tramo que está sendo lançado. Realizar o monitoramento de descargas atmosféricas.	Respeitar toda sinalização/isolamento de segurança e não entrar em área de obra sem qualquer autorização; não há risco para a comunidade/público na incidência de descargas atmosféricas em torres, visto que todas as estruturas possuem aterramentos para dissipação da carga recebida
Risco de escalada por pessoas não autorizadas nas estruturas	X	X	Durante a construção deverá ser instalada sinalização orientativa de proibição de entrada por pessoas não autorizadas na área. Pós energização, em proximidade com localidades urbanas, aplicar dispositivo antiescalada ou sinalização de perigo risco de morte, como exemplo.	Respeitar toda sinalização/isolamento de segurança e não entrar em área de obra sem qualquer autorização
Risco de queda em altura	X	X	Somente iniciar atividades com a devida da Análise Preliminar de Risco – APR, fornecer os equipamentos de proteção individual aplicáveis à cada atividade e orientar seu uso a todos os trabalhadores, promover treinamento de segurança na NR18 e NR35; realizar Inspeção de Segurança nos Equipamentos de Trabalho em Altura; Treinamento no Procedimento de Trabalho em Altura, utilização de linha de vida para acoplamento de talabarte. Instalar sinalização de perigo / risco de morte.	Respeitar toda sinalização/isolamento de segurança e não entrar em área de obra e faixa de serviço (na operação) sem qualquer autorização

	Instalação	Operação	Ações por parte do empreendimento	Ações por parte da comunidade
Risco de choque elétrico	X	X	Somente iniciar atividades com a devida da Análise Preliminar de Risco – APR, fornecer os equipamentos de proteção individual aplicáveis à cada atividade e orientar seu uso a todos os trabalhadores; Execução dos aterramentos fixos e temporário; promover treinamento de segurança na NR10 e NR 12; promover treinamento específico para a atividade; promover a desenergização ou bloqueio do religador das linhas sob manutenção; Instalar sinalização de perigo / risco de morte e informações de distâncias de segurança.	Respeitar as sinalizações e distâncias de segurança.

Ressalta-se que, tanto no âmbito da instalação quanto da operação, é realizado um mapeamento de todos os acidentes previstos, relacionados à cada atividade, com seus respectivos riscos potenciais, bem como das medidas de controle a serem adotadas.

## 5.7 ESTRADAS E VIAS EXISTENTES

Foram identificadas 161 vias de acesso preexistentes ao longo do traçado do empreendimento, com acesso direto à faixa de servidão. Para esse levantamento foram considerados os acessos que interceptam a linha.

Desse modo, a abertura de novos acessos somente se dará quando a disponibilidade de vias existentes não suprir a demanda de acesso das equipes às praças de lançamento, na fase de instalação, bem como de manutenção até as áreas das torres, na fase de operação. Ressalta-se que a largura prevista para novos acessos é de até 5 m.

**Tabela 35 – Rodovias e vias locais de acesso à faixa de servidão da LT Ponta Grossa-Assis.**

	Nome	Referência	Tipo de acesso	Coordenada UTM do ponto de interceptação (Fuso 22)		Vértice LT
				X	Y	
1	Estrada Rural	-	Via local	567988	7225605	V1
2	-	BR-373	Rodovia federal	565575	7227851	V3
3	-	-	Via local	564518	7230000	V4
4	-	-	Via local	564726	7231689	V4
5	Rodovia do Café Governador Ney Braga	BR-376	Rodovia federal	565029	7234146	V5
6	-	-	Via local	565030	7234153	V5
7	Rodovia do Café Governador Ney Braga	BR-376	Rodovia federal	565032	7234169	V5
8	-	-	Via local	565033	7234174	V5
9	-	-	Via local	565035	7234191	V5
10	-	-	Via local	565110	7234843	V5
11	-	-	Via local	565102	7236406	V5
12	-	-	Via local	565092	7238499	V5
13	-	-	Via local	565083	7240213	V6
14	-	-	Via local	565072	7242575	V6
15	-	-	Via local	564937	7245742	V6
16	-	-	Via local	564739	7248728	V6
17	-	-	Via local	564646	7250114	V6
18	-	BR-376	Rodovia federal	564446	7255254	V7
19	Estrada da Balsa	-	Via local	564459	7257799	V7
20	-	-	Via local	564465	7259040	V7
21	-	-	Via local	564444	7265020	V7
22	-	-	Via local	564421	7265769	V7
23	-	-	Via local	564372	7267324	V7
24	-	-	Via local	564331	7268661	V8
25	-	-	Via local	564244	7271455	V8
26	-	-	Via local	564175	7273654	V8
27	-	-	Via local	564166	7273942	V8
28	-	-	Via local	564126	7275233	V8

	Nome	Referência	Tipo de acesso	Coordenada UTM do ponto de interceptação (Fuso 22)		Vértice LT
				X	Y	
29	-	-	Via local	564104	7275942	V8
30	-	-	Via local	564084	7276574	V8
31	-	-	Via local	564043	7277893	V9
32	-	-	Via local	564018	7278714	V9
33	-	-	Via local	564013	7278864	V9
34	-	-	Via local	564007	7279038	V9
35	-	-	Via local	563975	7280071	V9
36	-	-	Via local	563948	7280940	V9
37	-	-	Via local	563909	7282211	V9
38	-	-	Via local	563892	7282750	V9
39	-	-	Via local	563866	7283568	V9
40	-	-	Via local	563850	7284087	V9
41	-	-	Via local	563787	7286113	V9
42	-	-	Via local	563787	7286131	V9
43	-	-	Via local	563784	7286212	V9
44	-	-	Via local	563772	7286595	V9
45	Rodovia Guataçara Borba Carneiro	PR-340	Rodovia estadual	563743	7287525	V9
46	-	-	Via local	563693	7289126	V9
47	-	-	Via local	563620	7291472	V9
48	-	-	Via local	563426	7297726	V10
49	-	-	Via local	563469	7298585	V10
50	Rodovia Transbrasiliana	BR-153	Rodovia federal	563756	7299123	V10
51	-	-	Via local	564467	7300453	V10
52	-	-	Via local	564511	7300535	V10
53	-	-	Via local	564818	7301110	V10
54	-	-	Via local	564943	7301344	V10
55	-	-	Via local	565750	7302854	V10
56	-	-	Via local	566039	7303395	V10
57	-	-	Via local	566332	7303944	V10
58	-	-	Via local	566642	7304523	V10
59	-	-	Via local	566998	7305190	V11
60	-	-	Via local	567078	7305339	V11
61	-	-	Via local	567803	7306697	V11
62	Estrada de Manejo Florestal	-	Via local	568262	7307555	V11
63	Estrada de Manejo Florestal	-	Via local	568442	7307893	V11
64	Estrada de Manejo Florestal	-	Via local	568928	7308801	V11
65	Estrada de Manejo Florestal	-	Via local	569481	7309837	V11
66	Estrada de Manejo Florestal	-	Via local	569600	7310059	V11



	Nome	Referência	Tipo de acesso	Coordenada UTM do ponto de interceptação (Fuso 22)		Vértice LT
				X	Y	
67	Estrada Vicinal	-	Via local	569630	7310116	V11
68	-	-	Via local	569719	7311231	V11
69	-	-	Via local	569666	7311830	V11
70	-	-	Via local	569591	7312680	V11
71	-	-	Via local	569577	7312835	V11
72	-	-	Via local	569486	7313864	V11
73	-	-	Via local	569460	7314162	V11
74	-	-	Via local	569407	7314760	V11
75	-	-	Via local	569352	7315387	V11
76	-	-	Via local	569201	7317091	V12
77	-	-	Via local	568893	7320568	V12
78	-	-	Via local	568882	7320696	V12
79	-	-	Via local	568861	7321457	V12
80	-	-	Via local	568863	7321490	V12
81	-	-	Via local	568887	7321979	V12
82	-	-	Via local	568916	7322569	V12
83	-	-	Via local	568972	7323709	V12
84	-	-	Via local	568976	7323789	V12
85	-	-	Via local	568985	7323974	V12
86	-	-	Via local	569048	7325255	V12
87	-	-	Via local	569068	7325657	V12
88	-	-	Via local	569083	7325963	V12
89	-	-	Via local	569146	7327247	V13
90	-	-	Via local	569153	7327396	V13
91	-	-	Via local	569245	7329258	V13
92	Rodovia Engenheiro Ângelo Ferrário Lopes	PR-090	Rodovia estadual	569272	7329817	V13
93	-	-	Via local	570174	7334139	V14
94	-	-	Via local	570512	7335521	V15
95	-	-	Via local	570726	7336890	V16
96	-	-	Via local	570737	7337013	V16
97	-	-	Via local	570972	7340328	V16
98	-	-	Via local	571074	7341772	V17
99	-	-	Via local	571208	7343669	V17
100	-	-	Via local	571175	7348829	V19
101	-	-	Via local	571056	7350203	V19
102	-	-	Via local	570762	7353038	V20
103	-	-	Via local	570620	7354127	V21
104	-	-	Via local	570408	7356752	V22
105	-	PRC-272	Rodovia estadual	570138	7360614	V23
106	-	-	Via local	570386	7363554	V23
107	-	-	Via local	570843	7368165	V24
108	-	-	Via local	570237	7370823	V25

	Nome	Referência	Tipo de acesso	Coordenada UTM do ponto de interceptação (Fuso 22)		Vértice LT
				X	Y	
109	-	PR-435	Rodovia estadual	570034	7371713	V25
110	-	-	Via local	569148	7381751	V25
111	-	-	Via local	568986	7385744	V25
112	-	PR-436	Rodovia estadual	568849	7389099	V26
113	-	-	Via local	568846	7389167	V26
114	-	-	Via local	568473	7398326	V26
115	-	PR-218	Rodovia estadual	569041	7408263	V27
116	-	-	Via local	568950	7410226	V28
117	Estrada para Jundiá do Sul	-	Via local	569218	7412622	V29
118	-	PR-439	Rodovia estadual	570723	7415527	V30
119	-	-	Via local	573293	7422028	V31
120	-	-	Via local	574051	7427135	V32
121	-	-	Via local	573831	7430354	V32
122	-	-	Via local	573633	7433079	V33
123	-	-	Via local	573412	7435697	V33
124	Rodovia Melo Peixoto	BR-369	Rodovia federal	572470	7446524	V34
125	-	PR-517	Rodovia estadual	571936	7453591	V35
126	-	-	Via local	569640	7466487	V36
127	-	-	Via local	569640	7466487	V36
128	-	-	Via local	568779	7468587	V37
129	-	-	Via local	568535	7469183	V37
130	-	-	Via local	568001	7470486	V37
131	-	-	Via local	568001	7470486	V37
132	-	-	Via local	567620	7471416	V37
133	-	-	Via local	567233	7472460	V37
134	-	-	Via local	567168	7473591	V37
135	Rodovia Natal Passarelli	CDM-030	Via local	567151	7473893	V37
136	-	-	Via local	567116	7474506	V37
137	-	-	Via local	567054	7475592	V37
138	-	-	Via local	567010	7476362	V37
139	-	-	Via local	566867	7478872	V38
140	-	-	Via local	566742	7481072	V38
141	-	-	Via local	566697	7481851	V38
142	-	-	Via local	566593	7483682	V38
143	-	-	Via local	566567	7484146	V38
144	-	-	Via local	566508	7485177	V38
145	-	-	Via local	566471	7485444	V38
146	Rodovia Eduardo Mazanatti	SP-266	Rodovia estadual	566289	7485891	V38

	Nome	Referência	Tipo de acesso	Coordenada UTM do ponto de interceptação (Fuso 22)		Vértice LT
				X	Y	
147	-	-	Via local	565946	7486622	V38
148	-	-	Via local	565865	7486794	V38
149	-	-	Via local	565699	7487149	V39
150	-	-	Via local	565595	7487369	V39
151	-	-	Via local	565519	7487532	V39
152	-	-	Via local	565369	7487851	V39
153	-	-	Via local	565150	7488319	V39
154	-	-	Via local	564921	7488805	V39
155	-	-	Via local	564553	7489589	V39
156	-	-	Via local	564459	7490050	V39
157	Estrada Servidão	-	Via local	564511	7490667	V39
158	-	ASS-454	Via local	564740	7491893	V40
159	Estrada Servidão	-	Via local	565074	7492166	V40
160	-	-	Via local	565948	7492818	V41
161	-	-	Via local	566314	7493094	V41

## 5.8 ÁREAS DE APOIO ÀS OBRAS DA LT

### 5.8.1 CANTEIROS DE OBRAS

Embora a macrolocalização do empreendimento já esteja preliminarmente definida por meio da diretriz preferencial proposta no presente estudo, ainda não foi possível definir a locação das áreas de apoio às obras, bem como eventuais áreas de bota-fora, empréstimo, necessidade de novos acessos, como também dos canteiros de obra.

De um modo geral, o principal critério para definição dos locais de instalação dos canteiros é a logística de construção do Empreendimento. As localizações são definidas em pontos estratégicos e que comportem as estruturas de apoio necessárias a construção da linha de transmissão. Assim, consideram-se o posicionamento dos locais ao longo do traçado com disponibilidade de área compatível para implantação conforme necessidade e aplicação do canteiro, e preferencialmente com disponibilidade de fornecimento de energia e água por companhias homologadas, de infraestrutura de atendimento das cidades como alojamentos, clínicas, posto médico ou hospitais, fornecimento de insumos para construção da linha de transmissão e de manutenção de mecânica para os veículos e máquinas e equipamentos, elétrica predial do canteiro e alojamentos.

A definição exata da localização do canteiro de obras deverá levar em consideração a compatibilidade do uso da área com a legislação municipal, a situação documental do imóvel para fins de contrato de locação, a sua posição em relação ao plano de ataque estabelecido para implantação do projeto, a topografia da região onde se pretende instalar o canteiro, ou seja, sempre optar por imóveis em regiões relativamente planas que demandem baixo movimento de terra para sua implantação, áreas antropizadas, de zoneamento industrial ou

de usos semelhantes, que não demandem ou demandem minimamente a supressão de vegetação e, por fim, preferencialmente em regiões servidas de utilidades públicas, como energia elétrica comercial, água potável e rede de esgoto. Além disso, ressalta-se que são observadas para serem priorizadas as áreas que não contemplem remanescente de vegetação nativa e áreas protegidas em geral, bem como, proximidade de cursos hídricos e terrenos alagáveis, e ainda, da proximidade com escolas, centros de saúde e áreas residenciais.

Desse modo, com base nas premissas supracitadas, foi identificada preliminarmente a instalação de 6 (seis) canteiros, nos municípios de Ponta Grossa/PR, Tibagi/PR, Ibaiti/PR, Santo Antônio da Platina/PR, Bandeirantes/PR e Cândido Mota/SP. As localizações exatas dos canteiros serão definidas durante a fase de projeto executivo, quando já definida a aprovação da viabilidade ambiental do projeto.

## 5.8.2 ESTRUTURAS PREVISTAS PARA AS ÁREAS DE APOIO

A definição das estruturas que irão compor cada canteiro somente será possível quando da definição do local em que o canteiro será efetivamente instalado, em função das características da localidade, do terreno, bem como dos recursos disponíveis. Contudo, são apresentadas as estruturas típicas e arranjo preliminar, conforme segue:

### 5.8.2.1 Escritórios

Serão implantadas salas para a administração geral da obra. Nas áreas internas dos escritórios serão disponibilizados coletores específicos para os resíduos gerados. Os resíduos serão removidos das instalações e armazenados temporariamente de acordo com sua natureza (recicláveis e não recicláveis). A destinação dos resíduos será feita pelo serviço de limpeza municipal, quando disponível na área e regularmente autorizado. Caso as instalações sanitárias pré-existentis não sejam adequadas estas poderão ser substituídas pela solução alternativa adotada. A coleta dos efluentes será feita por instalações hidrossanitárias com interligação na rede de esgoto quando existente no local, quando não, destinado a um sistema próprio alternativo de tratamento de efluentes sanitários.

### 5.8.2.2 Ambulatório

O ambulatório poderá ser implantado em contêiner e deverá ser constituído de forma que abrigue a recepção, consultório, sala de medicação, abrigo reduzido para armazenamento de resíduos do serviço de saúde, arquivo, sanitário e sua instalação obedecerá aos critérios estabelecidos nas resoluções da vigilância sanitária.

Os resíduos do serviço de saúde gerados serão armazenados no “Abrigo Reduzido” disponível na área externa às instalações do ambulatório para posterior destinação por empresa especializada, conforme diretrizes estabelecidas em procedimento específico para Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde - PGRSS. Os efluentes gerados pelo sanitário desta estrutura serão destinados à rede interna de efluentes sanitários do canteiro

que seguirá para rede pública de saneamento ou sistema alternativo próprio de tratamento dos efluentes.

### **5.8.2.3 Alojamento**

As estruturas dos alojamentos poderão ser do tipo carpas em lona, cada uma com dimensão de 08 metros de largura x 16 metros de comprimento. Cada carpa será composta por 10 dormitórios duplos, cada um com 02 camas beliche, armários e ventilador de teto, desta forma cada carpa abrigará 40 colaboradores. Também poderá ser explorado o potencial uso da estrutura hoteleira da cidade para complementar ou substituir a necessidade de implantação de alojamentos no canteiro de obras.

Os resíduos serão removidos das instalações e armazenados temporariamente de acordo com sua natureza (recicláveis e não recicláveis). A destinação será feita pelo serviço de limpeza municipal e o gerenciamento conforme diretrizes de procedimento específico de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS.

### **5.8.2.4 Auditório/Área de Vivência/Lazer**

Quando implantadas instalações de alojamento no canteiro de obras, também serão disponibilizadas instalações para recreação dos trabalhadores alojados, onde será instalada sala de TV, sala de jogos e área de vivência. Essas estruturas poderão ser do tipo carpa em lona ou containers.

### **5.8.2.5 Almoxarifado**

Geralmente implantado através do uso de estruturas metálicas e em lona, podendo inclusive, utilizar-se de instalações pré-existentes na região onde será implantado o canteiro de obras. Nessa estrutura serão armazenados todos os insumos, materiais e ferramentas que requerem controle e armazenamento coberto. A estrutura também considera área específica e padronizada para o armazenamento de produtos químicos de uso geral no canteiro de obras e frentes de serviço.

Os resíduos serão removidos das instalações e armazenados temporariamente de acordo com sua natureza (recicláveis, não recicláveis e perigosos). A destinação de produtos perigosos será feita de acordo com a classificação, de acordo com procedimento específico de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS. Os demais resíduos sólidos não perigosos serão devidamente separados quanto à possibilidade de reciclagem de materiais. A destinação será feita pelo serviço de limpeza municipal.

### **5.8.2.6 Galpão Mecânica**

Geralmente implantado em estruturas metálicas e em lonas, podendo inclusive, utilizar-se de instalações pré-existentes na região onde será implantado o canteiro de obras.

Essa estrutura contará com piso impermeável, com canaleta ao seu redor, direcionando os fluidos para uma caixa separadora de água e óleo (SAO) com disposição final em sumidouro,

conforme procedimento específico. Os óleos e graxas retidos neste sistema receberão destinação específica com base nas diretrizes do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS. Os demais resíduos sólidos não perigosos serão devidamente separados quanto à possibilidade de reciclagem de materiais. A destinação será feita pelo serviço de limpeza municipal.

#### **5.8.2.7 Refeitório e Cozinha**

Geralmente implantado através do uso de estruturas metálicas e em lona, podendo inclusive, utilizar-se de instalações pré-existentes na região onde será implantado o canteiro de obras.

O mesmo está dimensionado para atender o número máximo de trabalhadores por turno de refeições. Inicialmente está prevista a instalação de cozinha industrial para preparar as refeições, porém, poderá ser adotado o sistema de contratação de serviço de restaurantes ou cantinas locais para fornecer as refeições no Canteiro. Para os trabalhadores que permanecem nas frentes de serviço, serão disponibilizadas marmitas para o horário do almoço, sendo o café da manhã e jantar servidos no refeitório.

Essa estrutura gerará resíduos sólidos não perigosos, além de efluentes sanitários. Os resíduos sólidos serão separados quanto à possibilidade de reciclagem de materiais. A destinação dos resíduos sólidos será feita pelo serviço de limpeza municipal e o gerenciamento conforme diretrizes do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS. Os efluentes da cozinha serão destinados à uma caixa de gordura e, após tratamento, à rede interna de efluentes sanitários do canteiro que seguirá para rede pública de saneamento ou sistema alternativo próprio de tratamento dos efluentes, de acordo com as características da localidade.

#### **5.8.2.8 Caixa de Gordura**

Caso seja instalada a cozinha na área do canteiro, será instalado um sistema de remoção de gorduras vegetais/animais (caixa de gordura). O óleo saturado de frituras deverá ter um armazenamento à parte e não poderá ser disposto nas instalações de esgoto. A caixa de gordura deverá estar dimensionada de acordo com vazão dos efluentes e frequência de manutenção e seu posicionamento deverá contemplar a passagem de todo efluente gerado na instalação de cozinha.

#### **5.8.2.9 Vestiários**

O Canteiro de Obras possuirá vestiários para higiene dos trabalhadores que estejam alojados no local. Os vestiários possuirão bancos e armários individuais com fechadura ou dispositivo com cadeado.

Os efluentes gerados nesta estrutura serão destinados à rede interna de efluentes sanitários do canteiro que seguirá para rede pública de saneamento ou sistema alternativo próprio de tratamento dos efluentes.

### **5.8.2.10 Banheiros**

São previstos banheiros convencionais e banheiros químicos dentro do canteiro para atendimento dos escritórios, alojamento, refeitório e áreas de produção. Os mesmos seguirão aos requisitos ABNT 1367/1991 e NR-18. Os efluentes gerados pelo sanitário desta estrutura serão destinados à rede interna de efluentes sanitários do canteiro que seguirá para rede pública de saneamento ou sistema alternativo próprio de tratamento dos efluentes.

Nas frentes de serviço da linha de transmissão serão utilizadas tendas sanitárias, que serão instaladas e mantidas conforme previsto em procedimento específico – Montagem, utilização e desmobilização de tendas sanitárias.

A instalação da tenda sanitária e utilização da fossa seca, deverá ser instalada em uma área plana e afastada de áreas protegidas (ex: Área de Preservação Permanente - APP) e áreas úmidas (ex: veredas), solos hidromórficos.

O sistema de tenda sanitária com fossa seca, equipada com filtro depurador natural, será utilizado para o único fim de acondicionar os dejetos orgânicos, gerados das necessidades fisiológicas dos trabalhadores, obedecendo os requisitos estabelecidos pela NR 31.

O sistema fossa seca permite o tratamento dos efluentes gerados no próprio local, através do processo de biodegradação anaeróbica. Para isso, devem ser lançadas camadas de manta e agregado mineral, formando um filtro natural com solo/brita, manta geotêxtil e cal virgem, neutralizando possíveis contaminações e possibilitando o tratamento dos efluentes líquidos.

### **5.8.2.11 Lavanderia**

Será instalada em local próprio, coberto, ventilado e iluminado, para que o trabalhador alojado possa lavar, secar e passar suas roupas. Os efluentes gerados serão destinados à rede interna de efluentes sanitários do canteiro que seguirá para rede pública de saneamento ou sistema alternativo próprio de tratamento dos efluentes.

### **5.8.2.12 Guarita/Portaria**

Será instalada em Contêiner ou construída in loco e terá sua estrutura composta de sala do vigia e banheiro.

A guarita/portaria será instalada em local existente no acesso principal ao canteiro e tem por finalidade abrigar o pessoal de vigilância que controla o fluxo de entrada e saída de pessoas, veículos e materiais.

Os resíduos serão removidos das instalações e armazenados temporariamente de acordo com sua natureza (recicláveis e não recicláveis). A destinação dos resíduos será feita pelo serviço de limpeza municipal e o gerenciamento conforme diretrizes do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS. Os efluentes gerados serão destinados à rede interna de efluentes sanitários do canteiro que seguirá para rede pública de saneamento ou sistema alternativo próprio de tratamento dos efluentes.



### **5.8.2.13 Central de Concreto**

A Central de Concreto será constituída por Laboratório, Depósitos de cimento e agregados, Depósito de Aditivos, Depósito de Sacos de Cimento Vazios, Pista Carregamento, e área de Lavagem de betoneira. As vias de circulação serão sinalizadas e demarcadas através de corrimãos, fitas, cones ou dispositivos similares.

Todos os equipamentos e ferramentas utilizados na produção de concreto deverão ser lavados na área denominada Lavagem de Betoneiras, composta de rampa de descarga/lavagem, caixas de decantação e reservatório efluente tratado.

Em função das longas distâncias do projeto é possível que se façam necessárias as Usinas Móveis de Concreto, para atendimento a pontos remotos da LT. As mesmas serão vinculadas ao Canteiro, onde estarão alocados seus mecanismos de controle ambiental.

Os resíduos sólidos de concreto removidos decantados na área Lavagem de Betoneiras serão estocados em um leito para desidratação e posterior envio à destinação final.

Todos os equipamentos e ferramentas utilizados na produção de concreto deverão ser lavados na área denominada Lavagem de Betoneiras.

O lavador de betoneiras será construído conforme procedimento específico referente à "Utilização de Bate Lastro", próximo e interligado a central de concreto. Será constituído de rampa, leito de secagem lateral com drenagem para a rampa, filtro e galeria de decantação para tratamento físico por descanso do efluente gerado neste processo. Os efluentes gerados e tratados poderão ser utilizados de três maneiras: (01) recirculação no sistema através de uma bomba instalada na saída do filtro e reutilizada no processo de lavagem; (02) utilizada para umectação de pátios, vias de acesso e áreas externas do canteiro; e (03) infiltração no solo após tratamento via bacias/caixas de decantação.

### **5.8.2.14 Pátio de estocagem de materiais**

O canteiro possuirá uma área destinada para estocagem ao ar livre de materiais como estruturas metálicas, bobinas, isoladores, ferragens e parafusos que serão utilizadas na obra. Os mesmos serão acondicionados sobre o solo calçado por madeiras. Deve ser localizado de modo a permitir uma fácil distribuição dos materiais pelo canteiro.

Toda a área do pátio deverá ser cercada para possibilitar o melhor controle dos materiais.

### **5.8.2.15 Depósito Temporário de Resíduos Sólidos**

Estrutura em alvenaria com dimensões compatíveis ao efetivo empregado e às estruturas existentes no canteiro. Deverá dispor de subdivisões para que os resíduos sejam segregados distintamente, perigosos e não perigosos e de acordo com as características de sua composição.



O compartimento para armazenamento de resíduos perigosos, deverá possuir piso impermeável, cobertura e bacia de contenção secundária. Esses resíduos serão destinados por meio de empresa devidamente licenciada.

Os resíduos sólidos gerados no Canteiro de Obras serão armazenados temporariamente em baia específica para posterior destinação pelos serviços de coleta e destinação municipal ou de empresas licenciadas para este fim específico.

Todo o gerenciamento dos resíduos gerados no canteiro de obras será conforme diretrizes do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS, que será integrado ao Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Plano Básico Ambiental – PBA do empreendimento.

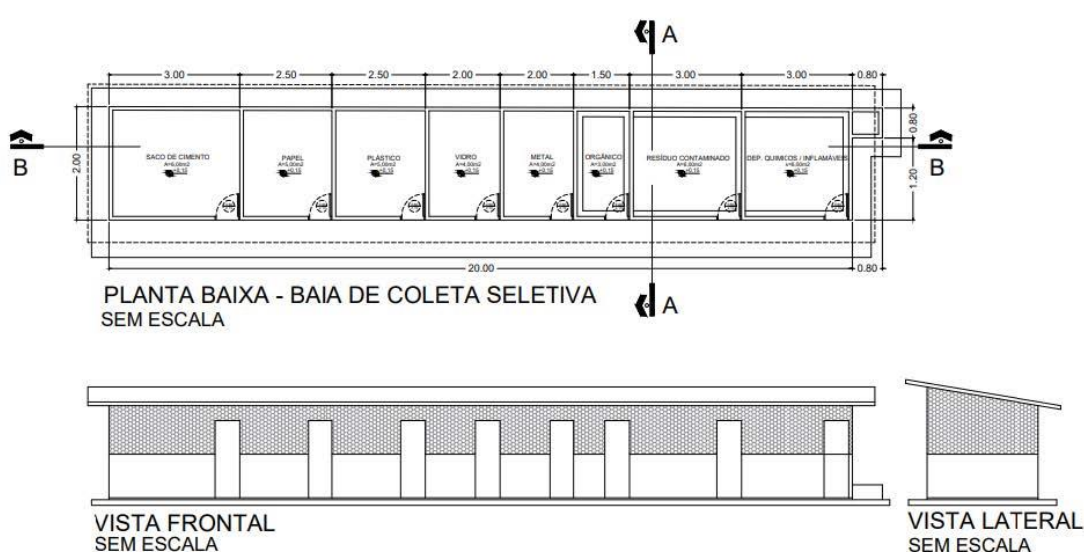


Figura 24 – Layout do Depósito Temporário de Resíduos Sólidos.

#### 5.8.2.16 Área de geradores/abastecimento de máquinas

É prevista a instalação de grupo de geradores nos locais de canteiro. Esse grupo de geradores será composto de uma área com piso impermeável, bacia de contenção e cobertura. Ao lado da área de geradores, separado por uma parede antichama em alvenaria, serão depositados 4 contentores de 1000 litros para armazenamento de combustível, tanto para o gerador quanto para o abastecimento das máquinas. A pista de abastecimento é em concreto armado, com canaletas periféricas em perfil U com direcionamento para caixa de armazenamento ou separadora de água/óleo.

A seguir é apresentado o layout da área de abastecimento / abrigo de gerador:

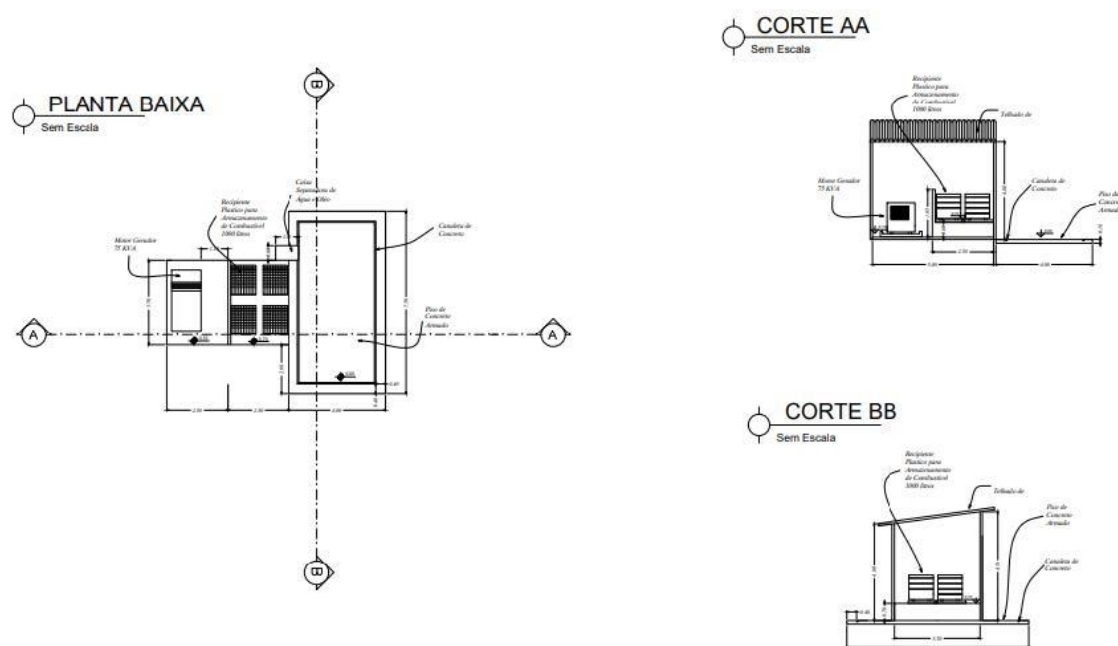


Figura 25 – Layout do Abrigo de geradores e abastecimento de máquinas.

### 5.8.2.17 Planta de Combustível (Plant)

Todo o abastecimento de combustíveis de veículos e equipamentos utilizados nas atividades de construção e montagem da LT poderá ser feito em postos de gasolina existentes nas localidades próximas às frentes de serviço ou no canteiro de obras. No canteiro, a planta de maior capacidade, composta por tanque de combustível com capacidade máxima de 15.000L e equipamentos de proteção ambiental ou por menor capacidade como citado no item 5.8.2.16.

A planta de combustível deverá possuir piso em toda área utilizada e a pista de abastecimento/descarregamento terá canaletas de escoamento interligadas a uma caixa separadora de água e óleo. Após passagem pela caixa separado o efluente tratado poderá ser disposto em sumidouro.

Os efluentes gerados serão tratados através de Caixas SAO conforme procedimento específico para “Caixa Separadora de Água e Óleo”. Essas caixas poderão ser também do tipo pré-fabricadas, como o exemplo a seguir: vazão de 2,0 m<sup>3</sup>/h, modelo ZP-2000, em polietileno, código 91000400004 – Fabricante Zeppini.

### 5.8.2.18 Tratamento de Efluentes

Os efluentes sanitários gerados nos canteiros devem ser enviados para rede pública de saneamento. Caso a região do canteiro não disponha, será implantado no canteiro uma solução alternativa de tratamento e disposição dos efluentes sanitários. A solução será dimensionada para atender o pico de efluentes gerados no canteiro, considerado todas as

instalações geradoras, ou seja, sanitários, vestiários, escritórios, cozinha e lavanderia. Dentre as opções de soluções alternativa propostas, tem-se:

a) Solução alternativa (Fossa séptica, filtro e sumidouro)

Nesta solução, os efluentes sanitários gerados no canteiro serão destinados ao sistema de fossa, filtro, sumidouro conforme MA – IN.007 – Construção e Manutenção de Fossa Séptica, NBR 7229 e NBR 13696. A coleta dos efluentes será feita por instalações hidrossanitárias com interligação na rede de esgoto quando existente no local, quando não, destinado ao sistema fossa, filtro, sumidouro a ser implantado no canteiro de obras conforme procedimento específico – Construção e Manutenção de Fossa Séptica, NBR 7229 e NBR 13696.

No canteiro poderá ser implantado e operado, três conjuntos do seguinte sistema: uma Fossa Séptica com filtro Anaeróbio e caixa de cloração, com destinação a reservatório de água residuária de 20.000 l, ou o conjunto convencional de Fossa Séptica, Filtro Anaeróbio e Sumidouro, ou o conjunto convencional também equipado com biodigestor com o objetivo de atender a demanda para o tratamento de todo o efluente sanitário gerado no canteiro e frentes de serviço próximas. Também será considerada a possibilidade de reaproveitamento da água após tratamento para abastecimento de descargas de banheiros, rega de jardins além da umectação das vias.

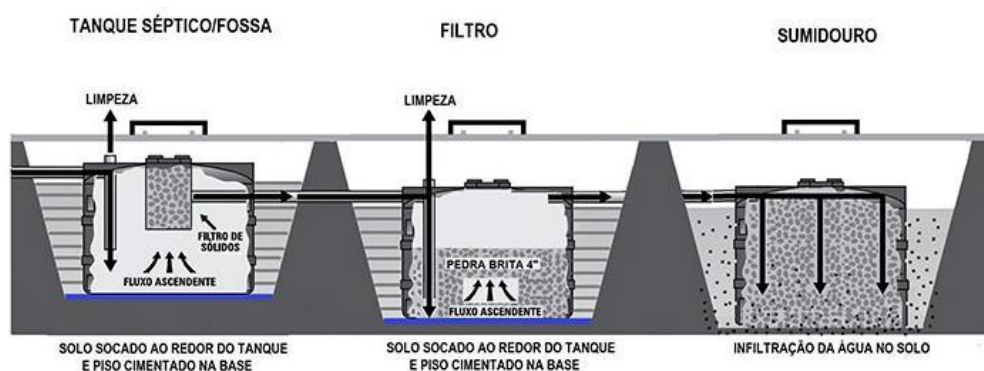


Figura 26 – Corte do sistema Fossa, Filtro Anaeróbio e Sumidouro (Alternativa 1).

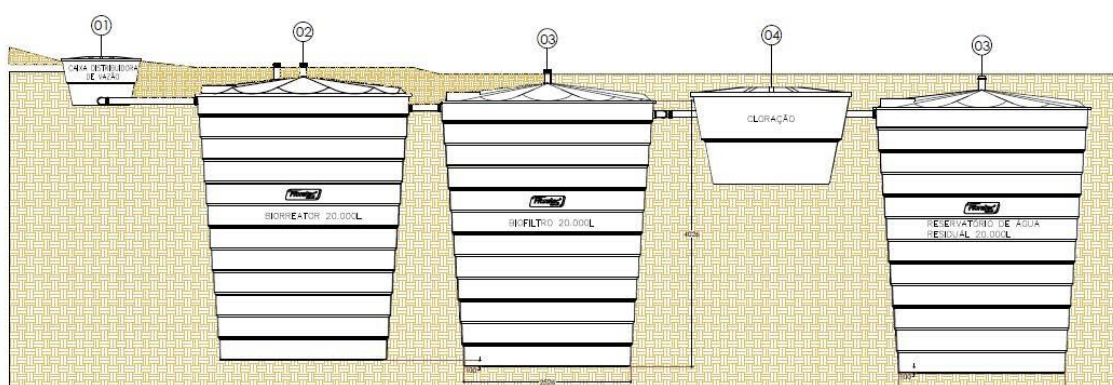


Figura 27 – Corte do sistema Fossa, Filtro Anaeróbio e Sumidouro (Alternativa 2).

b) Solução alternativa (Armazenamento interno / coleta e tratamento externo local)

Nesta solução será considerada apenas quando da impossibilidade de implantação da alternativa anterior. O canteiro contará apenas com uma instalação de armazenamento dos efluentes sanitários ou unicamente banheiros químicos. O reservatório deverá ter capacidade suficiente para o armazenamento temporário e poderá ser feito em concreto in loco ou de materiais pré-fabricados. Caso se opte pelo uso de tanques sépticos em poliestireno estes deverão ficar em posição aérea de acordo com a cota de desnível existente ou através do uso de elevatória. Nesta alternativa, os efluentes produzidos diariamente serão coletados por um transportador devidamente licenciado junto as autoridades competentes e enviados para as estações de tratamento existentes nos canteiros de obras em andamento ou para uma empresa com autorizações ambiental para realizar o tratamento dos efluentes sanitários.

O esquema a seguir ilustra a proposição da solução alternativa de armazenamento temporário de efluentes:

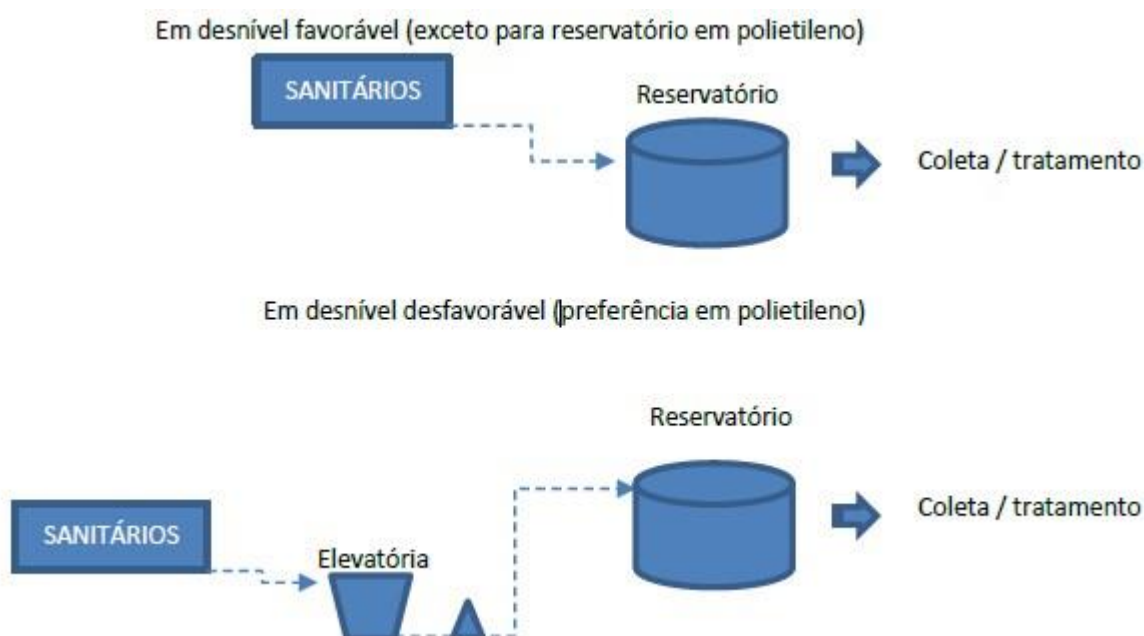


Figura 28 – Esquema ilustrativo da solução alternativa de armazenamento temporário de efluentes.

### 5.8.2.19 Abastecimento de Água

A água para abastecimento do canteiro deverá, preferencialmente, ser fornecida pela concessionária. Caso não tenha disponibilidade ou quantidade para atendimento de todas as demandas poderá ser implantado poço artesiano ou adquirida de algum fornecedor local que disponha e esteja habilitado para este fornecimento. Para o abastecimento serão instalados reservatórios de água tratada. Cabe ressaltar que quando da necessidade de perfuração de poços esses serão precedidos dos respectivos pedidos de anuência / outorga junto ao órgão competente. A figura a seguir apresenta esquema das caixas d'água previstas para os canteiros:

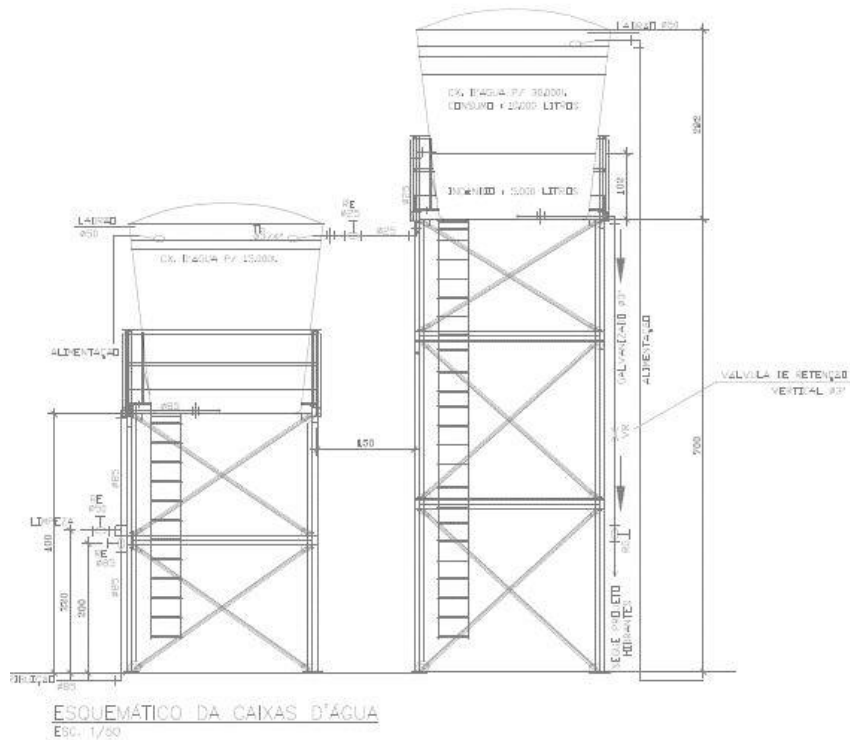


Figura 29 – Esquema ilustrativo das caixas d'água.

#### 5.8.2.20 Cercas de Divisas Externas

Serão instaladas cercas de vedação com arame farpado, contornando toda a área do canteiro. Serão utilizados mourões de madeira e cerca de arame farpado, com vistas à manutenção de segurança na área.

#### 5.8.2.21 Acessos Internos

Serão construídos acessos e sempre que possível revestidos com material pétreo nas vias de acesso no interior do terreno.

Durante o funcionamento do canteiro de obras poderá haver a emissão de material particulado, notadamente nos períodos secos, oriundo da movimentação de máquinas e equipamentos sobre os acessos. Visando controlar e mitigar tal impacto será feita a umectação das vias. Uma rotina operacional de umectação das vias será implantada e mantida, levando-se em consideração a intensidade de utilização de cada via e as condições meteorológicas incidentes.

Para a umectação das vias será considerado, preferencialmente, o reuso dos efluentes da área de lavagem das betoneiras.

### **5.8.2.22 Área para Estacionamento de Veículos e Equipamentos**

No canteiro será instalada uma área para estacionamento de veículos e equipamentos. Conforme medidas preventivas do Plano de Atendimento a Emergência Ambiental- PAEA, nessa área será disponibilizado kits de mitigação em pontos estratégicos equipados com bandejas de contenção e outros componentes de possíveis vazamentos, evitando assim a contaminação do solo.

## **5.8.3 ATIVIDADES E CONTROLES AMBIENTAIS PREVISTOS PARA INSTALAÇÃO DO CANTEIRO**

### **5.8.3.1 Supressão vegetal**

Caso haja necessidade de supressão vegetal na área do canteiro, deverá considerar a obtenção da Autorização de Supressão da Vegetação – ASV no âmbito do licenciamento do empreendimento.

### **5.8.3.2 Nivelamento do terreno**

Compreenderá, caso necessário, a regularização da área destinada ao Canteiro e ao acesso, com a compactação mecânica do terreno, para que sejam implantadas as obras previstas, em conformidade com o Projeto Executivo e condicionantes do licenciamento ambiental e arqueológico. Para a execução da terraplenagem serão utilizados: trator de esteira com lâmina frontal, retroescavadeira, pá carregadeira e caminhões basculantes.

### **5.8.3.3 Bota fora**

Caso haja necessidade, será prevista uma área de bota-fora, devidamente autorizada e licenciada, para disposição do material vegetal suprimido e do solo superficial.

### **5.8.3.4 Construção civil**

Contemplará a construção das instalações descritas anteriormente.

### **5.8.3.5 Sistema de Drenagem**

No canteiro, serão utilizadas estruturas adequadas à condição de drenagem local e serão tomadas as providências necessárias para evitar o acúmulo de água (e conseqüente proliferação de vetores de doenças) e carreamento de material para os cursos d'água e talvegues próximos. Para a coleta e transporte da água da chuva será instalado sistema de drenagem pluvial superficial, sempre seguindo a declividade natural do terreno, desaguando em locais com vegetação e buscando evitar a erosão e o aporte de sedimentos em cursos d'água próximos.



#### **5.8.3.6 Sinalização do canteiro**

A área do Canteiro de Obras deverá ser dotada de toda a sinalização de advertência, tanto na área interna, como nos acessos e no perímetro da cerca de proteção. A sinalização compreenderá placas verticais orientativas, placas de advertências e avisos fixados nos locais de perigo iminente, conforme NR 26 – Sinalização de Segurança.

#### **5.8.3.7 Controle de Emissões Atmosféricas**

##### a) Fumaça Preta

Todos os equipamentos móveis serão monitorados na sua mobilização e quando apresentarem indícios de poluição do ar. Esse monitoramento ocorrerá com a utilização da escala ringelmann. A periodicidade e tipo de registro serão realizados seguindo diretrizes do procedimento específico “Plano de Medição de Fumaça Preta”.

##### b) Emissão de particulados

Durante a operação do canteiro de obras as atividades ocorrem em grande parte a céu aberto e sobre piso não revestido, podendo ocasionar a emissão de material particulado, oriundo de fontes diversas, devido a movimentação de máquinas e equipamentos. Visando controlar e mitigar tal impacto é adotada a técnica de umectação das vias de acesso internas não pavimentadas.

Vale dizer que a umectação da superfície das vias é uma das técnicas mais difundidas e eficazes para o controle de emissões em vias de tráfego não pavimentadas.

A aspersão de água na superfície desse tipo de via propicia o controle imediato das emissões de material particulado, mantendo-se eficaz enquanto perdurar a alta umidade da camada superficial da pista de rolamento. Uma rotina operacional de umectação das vias será implantada e mantida, considerando a alternativa de reuso de águas residuais e levando-se em consideração a intensidade de utilização de cada via e as condições meteorológicas incidentes.

#### **5.8.3.8 Gestão de Resíduos Sólidos**

Considerando que a questão do gerenciamento dos resíduos está intimamente associada ao desperdício de materiais e retrabalhos na execução dos empreendimentos e por ser ainda a construção civil apontada como uma das atividades geradoras de impactos ambientais, seja pelo consumo de recursos naturais ou pela geração de resíduos, segue-se a legislação vigente que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos causados.

O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e outros procedimentos ambientais previstos, serão revisados sempre que necessário durante a implantação e operação do canteiro de obras, como quando da aprovação do Plano Básico Ambiental – PBA e emissão das licenças ambientais.

Os resíduos sólidos gerados serão armazenados em baias em área específica dos canteiros e segregados e destinados de acordo com a Resolução CONAMA 307/2002 e Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei 12.305/10. Os resíduos perigosos serão armazenados em baias adequadas e/ou tambores homologados em área edificada que atenda às recomendações da ABNT NBR 12.235/1992 - Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos, com piso impermeável, cobertura e bacia de contenção com dimensionamento adequado, para posterior destinação final por meio de empresa devidamente licenciada para recolhimento de tais produtos a definir.

#### **5.8.3.9 Fornecimento de Energia Elétrica**

Os Canteiros serão preferencialmente conectados à rede local de distribuição de energia.

#### **5.8.3.10 Desmobilização**

Após a conclusão das obras, todas as instalações provisórias serão removidas e/ou desativadas e, todo o material resultante será transportado e/ou destinado de acordo com as normas vigentes. Toda a área será inspecionada para verificação das condições ambientais, especialmente com relação a resíduos e processos erosivos, os quais devem ser corrigidos antes da entrega efetiva das áreas.

É possível que algumas das instalações, especialmente edificações, sejam mantidas em função do interesse do proprietário.

Para a desmobilização das estruturas serão observadas as diretrizes pertinentes à Recuperação de Áreas Degradadas, conforme aprovação e orientação do órgão ambiental responsável pela respectiva etapa do processo de licenciamento.

#### **5.8.3.11 Layout geral dos canteiros de obras**

A seguir são apresentados layouts típicos e conceituais demonstrando os arranjos previstos para implantação dos canteiros de obras. O arranjo final será definido logo após definição do imóvel que irá comportar o canteiro de obras.



## 5.9 ÁREAS DE APOIO ÀS OBRAS DAS SUBESTAÇÕES

Os canteiros de obras e estruturas de apoio às obras de ampliação das subestações serão alocados em área adjacente à área da ampliação, dentro do terreno da subestação existente.

O canteiro de obras para a ampliação das subestações contará com as seguintes estruturas:

- Armação
- Carpintaria
- Escritório administrativo e ambulatório
- Estacionamento
- Banheiros
- Vestiário
- Refeitório
- Bate-lastro
- Baias de armazenamento temporário de resíduos.

A infraestrutura prevista para o canteiro é ilustrada e descrita no layout apresentado na Figura 30:

**Figura 30 – Layout dos canteiros de obras e estruturas de apoio das subestações.**

Complementarmente, a seguir são descritas as atividades de apoio previstas para as obras de ampliação das subestações:

#### 5.9.1 Alojamentos

O alojamento dos colaboradores mobilizados para atender às obras de ampliação das subestações será fora da área do canteiro de obra, podendo ser na locação de casas ou pousadas na cidade.

#### 5.9.2 Fornecimento de combustíveis

O fornecimento de combustível para máquinas e equipamentos será realizado a partir de postos de combustíveis próximos à cidade, não sendo necessária instalação de tanque de combustível no canteiro de obra.

#### 5.9.3 Terraplanagem e Bota-fora

As atividades de terraplanagem serão realizadas por empresas devidamente licenciadas. O material retirado da terraplanagem (bota-fora) será destinado em local devidamente licenciado.

#### 5.9.4 Abastecimento de água

O Abastecimento de água do Canteiro de obra para consumo não humano será realizado através de caminhões-pipa, ou em caso de atendimento pela concessionária, será instalado ponto de abastecimento próprio. No caso de água para consumo humano, será utilizada água mineral engarrafada.

#### 5.9.5 Banheiros

Nas frentes de serviço serão instalados banheiros com fossa em PVC. Já no canteiro de obras, para uso administrativo, será instalado container sanitário com fossa séptica. Em ambos os casos os efluentes serão coletados e destinados por empresas devidamente licenciadas para essas atividades.

#### 5.9.6 Fornecimento de energia

O fornecimento de energia elétrica no Canteiro, será preferencialmente ligado à rede concessionária distribuidora de energia. Em caso de inviabilidade, serão utilizados Grupos Moto Geradores (GMG).

### 5.9.7 Baía de armazenamento temporário de resíduos

Os resíduos gerados no canteiro de obra serão acondicionados temporariamente nas baias de resíduos e logo após destinados às empresas de reciclagens devidamente licenciadas.

### 5.9.8 Fornecimento de concreto

O fornecimento de concreto para a atividade de concretagem das estruturas será realizado por fornecedores externos licenciados. No canteiro existirá um Bate-Lastro (lava bica) para limpeza dos caminhões betoneira após concretagem. Os resíduos gerados no local serão destinados a empresas licenciadas.

## 5.10 ETAPAS E ATIVIDADES DO EMPREENDIMENTO

A seguir são descritas sucintamente as macroatividades e atividades para as três fases do empreendimento: planejamento, implantação e operação:

1. Fase de Planejamento – Atividades de Estudos, Projeto Básico, Projeto Executivo, Topografia e Sondagem.
  - a) Estudos ambientais: avaliação das alternativas locais, elaboração dos diagnósticos dos meios físico, biótico e socioeconômico e análise dos impactos ambientais do projeto, de acordo com Termo de Referência nº 12042736/2022 e arcabouço ambiental legal.
  - b) Projeto Básico: definição dos dados característicos das instalações de transmissão, em conformidade ao Anexo 2-01-Lote 01 do Edital do Leilão de Transmissão nº 02/2021-ANEEL.
  - c) Projeto Executivo: concepção técnica dos projetos civis e eletromecânicos das instalações de transmissão.
  - d) Estudos Topográficos:
    - Realização dos serviços de topografia para locação dos vértices do traçado da LT, para levantamentos de obstáculos e travessias e delimitação de propriedades interceptadas, bem como da área de ampliação das Subestações.
    - Realização dos serviços de topografia para locação das faixas de serviço e praças de montagem de torres, bem como levantamento de onde serão necessárias as atividades de supressão.
  - e) Sondagem: tipificação do solo e definição das fundações.

### 2. Fase de Implantação – Atividades de Construção

#### Abertura de acessos, praças e faixas de serviço

- Supressão da vegetação - instalação de acessos de serviços

O sistema viário existente ao longo do traçado da linha que compõem o empreendimento é composto por rodovias federais, estaduais e municipais. Para acesso ao local do

empreendimento, será priorizada a utilização dos acessos existentes para se chegar à faixa de servidão, de forma a minimizar a abertura de novos acessos.

Havendo necessidade de abertura de novos acessos, estes serão projetados de forma a terem menor extensão possível e atenderem as indicações dos proprietários ou ocupantes dos terrenos atravessados. As estradas de acesso serão definidas de modo a limitar, ao mínimo possível, o impacto sobre o meio ambiente, evitando-se, supressão e cortes no terreno capazes de desencadear ou acelerar processos erosivos.

A largura projetada permitirá a circulação com segurança de veículos, máquinas e equipamentos de maior porte, como caminhões trucados carregados e guindastes. Tem por objetivo, também, facilitar as atividades futuras de manutenção da linha de transmissão.

Os acessos devem possuir saídas d'água, de forma que as águas pluviais não sejam canalizadas em direção às torres e que seja minimizada a ocorrência de processos erosivos.

- Supressão da vegetação - Abertura de faixa de servidão e serviço

A supressão da vegetação para estabelecimento da Faixa de Servidão será realizada apenas nos locais estritamente necessários para permitir o acesso de veículos/equipamentos aos locais de montagem das torres e o lançamento de cabos. Da mesma forma, haverá necessidade de supressão da faixa de serviço onde serão instaladas as praças das torres localizadas em área com vegetação arbórea/arbustiva.

A atividade deverá ser realizada em duas etapas, ficando restrita ao mínimo de supressão necessário. Na primeira etapa, deverá ser feita a limpeza simples, no centro da faixa de segurança, onde deverá ser aberta uma faixa de serviço necessária para o lançamento dos cabos pilotos e circulação de veículos e equipamentos. Serão evitadas supressões e destoca no terreno que possam originar ou acelerar processos de erosão e/ou afetar mananciais existentes na região.

Na segunda etapa, deverá ser realizada a poda seletiva, onde são suprimidas as espécies cuja distância entre a copa e os cabos condutores for inferior à especificada por procedimento, bem como, aquelas que com a eventual queda, venham a atingir os cabos ou as estruturas das torres.

A supressão para a construção e montagem das torres será realizada com abertura de espaço suficiente para a execução das fundações, depósito de material e montagem das torres.

A supressão de vegetação da faixa de servidão será realizada apenas na largura suficiente para permitir a implantação da LT. Cabe destacar que o corte será realizado de forma seletiva, de acordo com a Norma NBR 5422/1985 e critérios de projeto.

- Locação Topográfica

Preliminar as atividades construtivas, são realizadas as atividades de locação topográfica do empreendimento. Nesta atividade inclui-se a locação e materialização do eixo central das estruturas, bem como dos vértices e centro de praça das torres.

- Terraplanagem

A eventual raspagem do solo para preparação das praças será realizada visando somente o necessário ao atendimento das condições citadas.

- a) Mobilização e operação de infraestrutura de apoio

- Mobilização e serviços preliminares: preparação da logística e dos locais a serem utilizados na instalação das áreas dos canteiros de obras, estocagem de estruturas metálicas, contratação da mão-de-obra e demais providências necessárias ao início da atividade.
- Instalação de Canteiros de Obras

A definição dos locais dos canteiros de obras, dependem de uma série de fatores que diretamente envolvem a logística e a forma estratégica de execução a ser adotada.

Para a implantação das Linhas de Transmissão estima-se a implantação de seis canteiros de obras. A seleção dos locais para implantação dos canteiros levará em consideração, sempre que possível, os critérios básicos de estar localizado nas proximidades de área urbana, dispor de serviços públicos de água e energia e de boas condições de acesso.

- b) Construção e montagem das estruturas da linha de transmissão

- Execução de Fundações

Após a conclusão da limpeza da área da torre será iniciado execução das escavações, concretagem das fundações de acordo com o especificado em projeto. A utilização do concreto tem como objetivo a execução das fundações tipo: sapatas, estacas, blocos de concreto ancorados em rocha, regularizações para fundo de cavas e outros serviços que se fizerem necessários.

O processo de concretagem engloba as fases de corte, dobra e armação para fundações, forma e desforma de fundações, nivelamento de mastro central, perfuração e instalação de ancoragem em rocha, instalação de sistema de aterramento – contrapeso e ensaios de arrancamento.

- Montagem de Estruturas Metálicas - Torres

A montagem das estruturas é uma atividade que pode ser realizada peça por peça, por seções ou ainda por pré-montagem completa no solo, seguida de içamento, montagem e composição de toda a estrutura metálica.

Os serviços de montagem serão executados dentro da área estipulada para a praça de montagem, mantendo-se o processo de recolhimento de resíduos originados desta atividade, bem como posterior organização do local.

Para esta atividade, tendo em vista os cuidados inerentes a atividades construtivas de obras civis, só poderão permanecer dentro da praça de montagem os funcionários necessários à execução dos serviços, bem como à fiscalização das obras e à inspeção ambiental.

- Lançamento dos cabos

Após o término da montagem das estruturas iniciam-se as atividades de lançamento de cabos. Esta atividade inclui a instalação dos cabos condutores, para-raios, OPGW, instalação das cadeias de isoladores e ferragens, execução de jumper, nivelamento e emendas de cabos, podem existir atividades complementares tais como: execução de cavaletes de proteção sobre travessias, amarrações provisórias no solo, aterramentos, instalação de cadeias de bloqueio.

A montagem e instalação das cadeias de ancoragem e suspensão serão feitas obedecendo às recomendações e cuidados feitos pelo fabricante e projeto executivo. O lançamento será simultâneo ao lançamento dos subcondutores, que será realizado pelo método de desenrolamento sob tração mecânica.

Onde houver necessidade de supressão da vegetação, será realizada na forma de limpeza simples e restrita ao mínimo necessário para acomodar e posicionar de maneira adequada os equipamentos móveis (freios e pullers) e as bobinas utilizados para os lançamentos dos cabos.

Para a travessia de estradas vicinais, rodovias, ferrovias, cursos d'água, redes de telecomunicação e Linhas de Distribuição de baixa tensão, serão utilizadas estruturas provisórias em madeira montadas como cavaletes, conhecidas como empalcaduras. Esta solução, visa proteger os cabos, bem como evitar riscos aos colaboradores e estruturas transpassadas.

- Instalação de Placas de Sinalização e Advertência

Compreende a instalação de Placas de Sinalização/Advertência durante o processo construtivo do empreendimento, tendo em vista a segurança de trabalhadores durante as inspeções aérea e terrestre, bem como a segurança de terceiros.

Esta sinalização compreende:

- ✓ Sinalização com vistas à segurança na inspeção aérea;
- ✓ Sinalização por Esferas, em locais necessários à sua aplicação. (Exemplos: proximidade de aeródromos e travessias)
- ✓ Sinalização para identificação das LTs e numeração sequencial de torres;
- ✓ Sinalização de advertência.

- Comissionamento

O comissionamento das obras ocorre na fase final de implantação do empreendimento, quando se realizam vistorias em todas as estruturas e análise de todos os componentes.

A inspeção é realizada de forma a avaliar diversos parâmetros construtivos e de segurança, sendo inspecionado o estado final dos componentes da LT.

### c) Construção e montagem das estruturas das Subestações

- Execução de fundações

Na área de ampliação das subestações, as fundações serão dimensionadas para suportar as combinações mais desfavoráveis de carregamentos provenientes do peso próprio, vento, curto-circuito, tração dos cabos e equipamentos, que venham a ocorrer durante a montagem e/ou operação da subestação, sendo consideradas para cargas de projeto:

- ✓ Fundações para Suportes de Equipamentos
- ✓ Fundações para Suportes para Barramentos
- ✓ Cargas Devidas ao Vento e Curto-Circuito

- Construção de drenagem e Separador de Água e Óleo

O projeto de drenagem deve atender a demanda de chuvas na região onde será implantada a subestação de energia. Será realizado o remanejamento da drenagem existente para um ponto diferente do terreno, visto que a dissipação da água proveniente do talude existente está localizada na área da ampliação.

Além disso, a tubulação de drenagem deve seguir uma declividade, preferencialmente de acordo com a declividade do terreno, e que respeite as velocidades máximas e mínimas das normativas vigentes.

Para preservar o grau de proteção ao meio ambiente e garantir o rápido escoamento das águas pluviais, as áreas destinadas aos novos reatores serão drenadas através de bacias coletoras, preenchidas com brita. Essas bacias serão interligadas a caixas separadoras de óleo, dimensionadas de acordo com as recomendações API PUBLICATION 421.

- Construção de canaletas para os cabos

Serão construídas canaletas com as dimensões necessárias para abrigar a quantidade de cabos previstos em projeto. Nas vias de acesso, as canaletas serão construídas em concreto armado reforçado, a fim de suportar os carregamentos provenientes da passagem de veículos.

- Edificações

Na subestação Ponta Grossa será construída uma casa de comando para abrigar os consoles de operação e sistema computacional do SPCS, quadros de auxiliares CA e CC, baterias e carregadores, e tele proteção e equipamentos de telecomunicações. Além disso, está prevista a construção de abrigo para GMG e tanque para diesel.

- Pavimentação das vias de acessos

Os trechos de vias de acesso e vias internas existentes que ficarem sujeitos ao tráfego de veículos para transportes de equipamentos maiores do que aqueles para os quais foram projetados deverão ser adaptados às novas condições de utilização.

Os serviços de melhoria compreenderão, caso necessário:

- ✓ Aumento de raios de curvatura;

- ✓ Alteração do greide com a finalidade de se reduzir a declividade das rampas;
- ✓ Correção de taludes de cortes e aterros;
- ✓ Recomposição da drenagem;
- ✓ Regularização do leito, reforço do sub-leito, execução das bases e sub-bases;
- ✓ Pavimentação.

- Britamento de pátio

O projeto prevê que a área de operação da subestação terá uma camada de brita estendendo-se, pelo menos, a 2 metros a partir do lado externo da cerca de proteção das áreas energizadas, quando estas não forem delimitadas por arruamento.

Além disso, a fim de se impedir o aparecimento de vegetação, os terrenos das áreas de operação deverão receber tratamento adequado, antes do lançamento da camada de brita. A brita será distribuída em uma camada compacta, com altura mínima de 10 centímetros.

- Montagem eletromecânica

Instalação dos painéis, equipamentos e dispositivos eletrônicos previstos para as salas de controle.

A distribuição dos quadros nas edificações se dará no projeto executivo, quando ocorrerá a contratação dos fornecedores desses sistemas.

- Montagem elétrica: lançamento, interligação de cabos e comissionamento

#### d) Desmobilização da infraestrutura de apoio

- Desativação de Estradas de Acesso, Canteiro de Obras e Alojamentos

Encerradas as obras serão retirados os equipamentos, instalações provisórias ou sobra de material do local de serviço, deixando as áreas limpas e livres de entulhos.

Serão reparados os danos ou desgastes nas vias de acesso construídas associadas exclusivamente as atividades construtivas.

Em relação aos alojamentos, serão encerrados os contratos de aluguel dos imóveis utilizados para tal função, respeitando o acordo firmado junto aos proprietários, referente às infraestruturas que serão desmobilizadas e as que serão doadas para reaproveitamento do proprietário.

- Desmobilização da mão-de-obra

A mão-de-obra local contratada também será desmobilizada gradativamente, de acordo com o andamento das atividades. Durante dispensa dos profissionais serão seguidos os trâmites estabelecidos pela legislação trabalhista brasileira.



- Recuperação de Áreas Degradadas

As áreas que porventura venham a ser degradadas serão recuperadas após término das atividades construtivas de implantação do empreendimento, conforme procedimento elaborado especificamente para o caso aplicável.

### 3. Fase de Operação

A fase de operação do empreendimento, para o caso de linhas de transmissão, inicia-se a partir do momento em que a linha é energizada, ou seja, passa a exercer a sua função de transmissão de energia elétrica.

As atividades envolvidas na operação de uma linha de transmissão correspondem às manutenções, que são realizadas com o objetivo de manter o seu perfeito funcionamento. Nesse contexto, as atividades previstas para a operação do empreendimento objeto do referido estudo são:

- Operação da Linha de Transmissão: a operação e controle da linha de transmissão serão efetuados pelas subestações existentes nas suas extremidades. As principais ações previstas para serem realizadas durante a operação e manutenção, serão aquelas relacionadas às inspeções periódicas aéreas e terrestres, que têm como objetivo verificar a integridade das estruturas metálicas, cadeias de isoladores que suportam os cabos para-raios e condutores, as condições dos seccionamentos e aterramentos de cercas, bem como dos cabos condutores.
- Manutenção da faixa de servidão e proteção das praças de torres de transmissão: para a manutenção da linha geralmente são executados serviços de limpeza da faixa de servidão, em dimensões mínimas para a operação segura, enquanto para a proteção das praças de torres são executadas manobras que evitem a ocorrência de processos erosivos e outros danos à estrutura das torres.

#### 5.10.1 CRONOGRAMA FÍSICO E CUSTO GLOBAL DO PROJETO

As atividades de planejamento e implantação da Linha de Transmissão Ponta Grossa-Assis compreendem um período de 30 meses, sendo que as obras de instalação serão realizadas em um prazo de 16 meses deste período total (mobilização ao comissionamento), conforme apresentado no Quadro 6. As atividades de manutenção e operação têm início a partir da energização do empreendimento, e permanecem até o fim do contrato de concessão da ANEEL, que possui duração de 30 anos.

O custo global para implantação do empreendimento, é de R\$ 1.211.800.456,49 (um bilhão, duzentos e onze milhões, oitocentos mil, quatrocentos e cinquenta e seis reais e quarenta e nove centavos), referentes à implantação da Linha de Transmissão 500 kV Ponta Grossa-Assis e da ampliação das Subestações Ponta Grossa (PR) e Assis (SP).

**Quadro 6 – Cronograma físico das atividades de implantação do empreendimento.**

ITEM	DESCRIÇÃO	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6	MÊS 7	MÊS 8	MÊS 9	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12	MÊS 13	MÊS 14	MÊS 15	MÊS 16	MÊS 17	MÊS 18	MÊS 19	MÊS 20	MÊS 21	MÊS 22	MÊS 23	MÊS 24	MÊS 25	MÊS 26	MÊS 27	MÊS 28	MÊS 29	MÊS 30	
		1	PLANEJAMENTO																													
2	IMPLANTAÇÃO (CONSTRUÇÃO)																															
2.1	MOBILIZAÇÃO																															
2.2	FAIXA / ACESSO E OBRAS CIVIS																															
2.3	MONTAGEM DE TORRES																															
2.4	LANÇAMENTO DE CABOS																															
2.5	DESMOBILIZAÇÃO																															

ITEM	DESCRIÇÃO	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6	MÊS 7	MÊS 8	MÊS 9	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12	MÊS 13	MÊS 14	MÊS 15	MÊS 16	MÊS 17	MÊS 18	MÊS 19	MÊS 20	MÊS 21	MÊS 22	MÊS 23	MÊS 24	MÊS 25	MÊS 26	MÊS 27	MÊS 28	MÊS 29	MÊS 30	MÊS 31	MÊS 32	MÊS 33	MÊS 34	MÊS 35	MÊS 36	MÊS 37	MÊS 38	MÊS 39	MÊS 40	MÊS 41	
1	GERENCIAMENTO																																										
2	ENGENHARIA																																										
3	CONSTRUÇÃO																																										
4	MOBILIZAÇÃO DOS CANTEIROS																																										
5	OBRA CIVIL																																										
5.1	TERRAPLANAGEM																																										
5.1.1	CONCLUSÃO DA SUPRESSÃO VEGETAL																																										
5.1.2	CONCLUSÃO DO CORTE																																										
5.1.3	CONCLUSÃO DA COMPACTAÇÃO																																										
5.1.4	CONCLUSÃO DO ACABAMENTO																																										
5.2	FUNDAÇÃO DOS PÓRTICOS																																										
5.3	FUNDAÇÕES EQUIPAMENTOS DE PÁTIO (500 KV)																																										
5.4	FUNDAÇÕES EQUIPAMENTOS DE PÁTIO (13,8 KV)																																										
5.5	FUNDAÇÕES E BACIAS - REATORES DE LINHA																																										
5.5	PAREDE CORTA FOGO																																										
5.6	SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL E CAIXA SEPARADORA DE ÁGUA E ÓLEO																																										
5.7	CANALETAS E ELETRODUTOS PARA CABOS																																										
5.8	EDIFICAÇÃO																																										
5.9	PAVIMENTAÇÃO GUIAS E SARNETAS																																										
5.10	BRITAMENTO DE PÁTIO																																										
6	MONTAGEM ELETROMECÂNICA																																										
7	COMISSIONAMENTO																																										
8	DESMOBILIZAÇÃO DOS CANTEIROS																																										



