ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA E SOCIOAMBIENTAL DE ALTERNATIVAS: RELATÓRIO R1

Estudo de Atendimento à Região Metropolitana de São Paulo – Sub-regiões Norte, Leste e Sul

epe
Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

(Página intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento na impressão em frente e verso)

ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA E SOCIOAMBIENTAL DE ALTERNATIVAS: RELATÓRIO R1

Estudo de Atendimento à Região Metropolitana de São Paulo – Sub-regiões Norte, Leste e Sul

GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministério de Minas e Energia
Ministro
Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Júnior

Secretário-Executivo do MME
Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético
Reive Barros dos Santos

Secretário de Energia Elétrica
Ricardo Cyrino

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis
Márcio Félix Carvalho Bezerra

Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
Alexandre Vidigal de Oliveira

Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais
Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
Erik Eduardo Rego

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa
Álvaro Henrique Matias Pereira

Sede
Esplanada dos Ministérios, Bloco U, Sl. 744
70065-900 – Brasília – DF

Escritório Central
Av. Rio Branco, 01 – 11º Andar
20090-003 – Rio de Janeiro – RJ

Coordenação Geral
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira
Erik Eduardo Rego

Coordenação Executiva
José Marcos Bressane
Elisângela Medeiros de Almeida

Equipe Técnica:
Daniel José Tavares de Souza
Dourival de Souza Carvalho
Fabiano Schmidt
Fábio de Almeida Rocha
João Henrique Magalhães Almeida
Paulo Fernando de Matos Araujo
Rafael Pentagna Silvestre
Sérgio Felipe Falcão Lima
Vanessa Penteado Stephan
Thais Pacheco Teixeira

Análise Socioambiental
Alfredo Lima Silva
Daniel Filipe Silva
Kátia Gisele Matosinho

EPE-DEE-RE-047/2019-rev0
Data: 07 de agosto de 2019

(Página intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento na impressão em frente e verso)

Empresa de Pesquisa Energética	
Projeto	
Área de estudo	***Estudos para a Licitação da Expansão da Transmissão***
Sub-área de estudo	
Produto (Nota Técnica ou Relatório)	
EPE-DEE-RE-047/2019	***Estudo de Atendimento à Região Metropolitana de São Paulo – Sub-regiões Norte, Leste e Sul***

Revisões	*Data*	*Descrição sucinta*
rev0	07.08.2019	Emissão Original

(Página intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento na impressão em frente e verso)

APRESENTAÇÃO

Este relatório é um estudo para a expansão da transmissão, constituído de avaliação técnico-econômica e socioambiental com o objetivo de aumentar a confiabilidade do sistema e garantir o atendimento ao crescimento do mercado da Região Metropolitana de São Paulo, especificamente nas regiões Norte, Sul e Leste da Capital, além da Região do ABC. Cabe destacar que a análise socioambiental se encontra na Nota Técnica DEA 006/19, referenciada no Capítulo 15 (em volume à parte)

(Página intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento na impressão em frente e verso)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO 6

1.1 Considerações Iniciais 6
1.2 Objetivos Gerais 6
1.3 Abordagem adotada 6

2 CONCLUSÕES 8

3 RECOMENDAÇÕES 9

4 PREMISSAS E CRITÉRIOS 13

4.1 Critérios Básicos 13
4.2 Casos de Trabalho 13
4.3 Projeções de mercado 13
4.4 Níveis de Intercâmbio 14
4.5 Plano de Geração 15
4.6 Limites Operativos 15
4.6.1 Tensão 15
4.7 Carregamento 15
4.8 Cenários 16
4.8.1 Fator de Potência 16
4.9 Parâmetros Econômicos 16
4.10 Classificação do Horizonte das Obras 17

5 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA 18

5.1 Sistema Elétrico de Interesse 18
5.2 Desempenho Elétrico da Rede 19
5.2.1 Condição Normal 19
5.2.2 Condição de Emergência 21

6 ALTERNATIVAS 24

6.1 Definição dos Novos Pontos de Suprimento 24
6.1.1 Regiões Leste e Nordeste da Capital e Guarulhos (sub-região 1) 25
6.1.2 Região Sul da Capital e Grande ABC (sub-região 2) 32
6.1.3 Considerações 38
6.2 Definição das Novas Linhas de Transmissão em 345 kV 40
6.3 Especificações Básicas das Linhas de Transmissão Subterrâneas 43
6.3.1 Dados e Premissas 44
6.3.2 Critérios Para Definição das Capacidades de Corrente 45
6.3.3 Simulações e Dimensionamento 46
6.3.4 Características Técnicas das Soluções de Referência 48
6.3.5 Referências 50

7 ANÁLISE DE DESEMPENHO EM REGIME PERMANENTE 51

7.1.1 Condição Normal 52
7.1.2 Condição de Emergência 54

8 ANÁLISE ECONÔMICA 64

9 ANÁLISE DE ENERGIZAÇÃO/REJEIÇÃO 68

9.1 Energização 68
9.1.1 345 kV Sul – São Caetano 69
9.1.2 LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale 70
9.1.3 LT 345 kV Miguel Reale - Norte 71
9.1.4 LT 345 kV Norte – São Miguel 72

9.1.5 LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho ... 72
9.2 REJEIÇÃO DE CARGA ... 75
9.2.1 LT 345 kV Sul – São Caetano ... 76
9.2.2 LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale ... 78
9.2.3 LT 345 kV Miguel Reale – Norte ... 79
9.2.4 LT 345 kV Norte – São Miguel ... 80
9.2.5 LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho ... 81
9.3 CONSIDERAÇÕES ... 83
10 ANÁLISE DE CURTO-CIRCUITO ... 84
11 ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL ... 92
12 REFERÊNCIAS ... 93
13 EQUIPE TÉCNICA ... 94
14 ANEXOS ... 95
14.1 PARÂMETROS DE EQUIPAMENTOS E LINHAS DE TRANSMISSÃO ... 95
14.2 FICHAS PET/PELP ... 96
14.3 CONSULTAS DE VIABILIDADE DE EXPANSÃO ... 112
14.4 RELATÓRIO TÉCNICO DE CURTO-CIRCUITO – ISA-CTEEP ... 142
14.5 FICHAS PARA VERIFICAÇÃO DE ADEQUAÇÃO DOS RELATÓRIOS R2 EM RELAÇÃO AO RELATÓRIO R1 ... 161
NOTA TÉCNICA DEA 006/19 – ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DO ESTUDO DE ATENDIMENTO À GRANDE SÃO PAULO (RELATÓRIO R1) ... 169

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 – Diagrama esquemático da alternativa vencedora 11
Figura 3-2 – SE Configuração Final – SE São Miguel 11
Figura 3-3 – SE Configuração Final – SE São Caetano do Sul 12
Figura 5-1 – Diagrama eletrogeográfico do sistema elétrico da RMSP 18
Figura 6-1 – Sub-região Leste e Nordeste da Capital e Guarulhos 25
Figura 6-2 – Ponto elétrico promissor da sub-região 1 26
Figura 6-3 – Localização da SE São Miguel 27
Figura 6-4 – Localização da SE Ayrton Senna 27
Figura 6-5 – SE São Miguel - Localização da GIS e conexão com 88 kV 28
Figura 6-6 – SE São Miguel – Diagrama conexão com rede 88 kV existente 28
Figura 6-7 – SE Ayrton Senna - Localização da GIS e conexão com 88 kV 30
Figura 6-8 – SE Ayrton Senna – Diagrama conexão com rede 88 kV existente 30
Figura 6-9 – Sub-região Sul da Capital e Grande ABC 32
Figura 6-10 – Ponto elétrico promissor da sub-região 2 33
Figura 6-11 – SE São Caetano do Sul – Localização 34
Figura 6-12 – SE São Caetano - Localização da GIS e conexão com 88 kV 35
Figura 6-13 – SE São Caetano – Diagrama conexão com rede 88 kV existente 35
Figura 6-14 – Terrenos próximos à EOC São Caetano do Sul 37
Figura 6-15 – Pontos selecionados para novas subestações 345/88 kV 38
Figura 6-16 – SE Configuração Final – SE São Miguel 38
Figura 6-17 – SE Configuração Final – SE São Caetano do Sul 39
Figura 6-18 – Novas LT 345 kV subterrâneas analisadas 40
Figura 6-19 – Novas LT 345 kV subterrâneas de melhor desempenho elétrico 41
Figura 6-20 – Novas LT 345 kV subterrâneas – Configuração A 42
Figura 6-21 – Novas LT 345 kV subterrâneas – Configuração B 42
Figura 6-22 - Temperatura dos cabos das LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul, C1 e C2, Norte – São Miguel, C1 e C2, e São Miguel – Ramon Reberte Filho, C1 e C2, na situação de contingência de um dos circuitos (à esquerda) e de dois elementos em locais distinto 47
Figura 6-23 - Temperatura dos cabos da LT 345 kV São Caetano do Sul - Sul, C1 e C2, na situação de contingência de um dos circuitos (à esquerda) e de dois elementos em locais distintos (à direita) 48
Figura 6-24 - Representação esquemática da instalação dos cabos das LT 345 kV, C1 e C2 49
Figura 6-25 - Dados construtivos do cabo de alumínio 1600 mm2 de 345 kV 50
Figura 6-26 - Dados construtivos do cabo de alumínio 2500 mm2 de 345 kV 50
Figura 7-1 – Análise de Regime Permanente – Configuração fechamento do anel 345 kV 51
Figura 7-2 Fluxos nas LTs 345 kV em Condição Normal – Carga Média – Ano 2026 53
Figura 7-3 Fluxos nas LTs 345 kV em Condição Normal – Carga Média – Ano 2040 53
Figura 7-4 – Carregamento SE Norte – Barra A (MVA e %) 54
Figura 7-5 – Carregamento SE Norte – Barra B (MVA e %) 54
Figura 7-6 – Carregamento SE Miguel Reale (MVA e %) 54
Figura 7-7 – Carregamento SE Sul (MVA e %) 55
Figura 7-8 – Carregamento SE Leste (MVA e %) 55
Figura 7-9 – Carregamento SE Ramon (MVA e %) 55
Figura 7-10 – Carregamento SE São Miguel (MVA e %) 55
Figura 7-11 – Carregamento SE São Caetano do Sul (MVA e %) 56
Figura 7-12 – Configuração SE Norte 56
Figura 7-13 – Contingência LT 345 kV Guarulhos – Norte C1 – Carga Média – 2040 57
Figura 7-14 – Contingência LT 345 kV Norte – São Miguel C1 – Carga Média – 2040 58
Figura 7-15 – Contingência LT 345 kV São Miguel - Ramon C1 – Carga Média – 2040 58
Figura 7-16 – Contingência LT 345 kV Leste - Ramon C1 – Carga Média – 2040 59
Figura 7-17 – Contingência LT 345 kV Norte – Miguel Reale C1 – Carga Média – 2040 59
Figura 7-18 – Contingência LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul C1 – Carga Média – 2040 60
Figura 7-19 – Contingência LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul C1 – Carga Média – 2040 60
Figura 7-20 – Contingência Dupla LT 345 kV Guarulhos - Norte C1 e C2 – Carga Média – 2040 61
Figura 7-21 – Contingência Dupla LT 345 kV Leste - Ramon C1 e C2 – Carga Média – 2040 61
Figura 9-1 – Sistema Pré-energização da LT 345 kV Sul – São Caetano 69
Figura 9-2 – Energização da LT 345 kV Sul – São Caetano a partir da SE Sul 69
Figura 9-3 - Energização da LT 345 kV Sul – São Caetano a partir da SE São Caetano 69
Figura 9-4 - Sistema após energização da LT 345 kV Sul – São Caetano 69
Figura 9-5 - Sistema Pré-energização da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale 70

Figura 9-6 - Energização da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale a partir da SE São Caetano 70
Figura 9-7 - Energização da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale a partir da SE Miguel Reale 70
Figura 9-8 – Sistema após a energização da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale 70
Figura 9-9 – Sistema pré-energização da LT 345kV Miguel Reale – Norte 71
Figura 9-10 – Energização da LT 345kV Miguel Reale – Norte a partir da SE Miguel Reale 71
Figura 9-11 - Energização da LT 345kV Miguel Reale – Norte a partir da SE Norte 71
Figura 9-12 – Sistema após a energização da LT 34kV Miguel Reale - Norte 71
Figura 9-13 - Sistema Pré-energização da LT 345kV Norte – São Miguel 72
Figura 9-14 - Energização da LT 345kV Norte – São Miguel a partir da SE Norte 72
Figura 9-15 - Energização da LT 345kV Norte – São Miguel a partir da SE São Miguel 72
Figura 9-16 – Sistema após energização da LT 345kV Norte – São Miguel 72
Figura 9-17 - Sistema Pré-energização da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho 73
Figura 9-18 - Energização da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho a partir da SE São Miguel 73
Figura 9-19 - Energização da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho a partir da SE Ramon Reberte Filho 73
Figura 9-20 – Sistema após a energização da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho 73
Figura 9-21 – Sequência de eventos aplicada durante a simulação dinâmica 74
Figura 9-22 – Resultado da simulação dinâmica de energização da LT 345kV Miguel Reale – Norte 75
Figura 9-23 – Sistema Pré-rejeição da LT 345 kV Sul - São Caetano 76
Figura 9-24 – Rejeição da LT 345 kV Sul - São Caetano abertura intempestiva disjuntor da SE Sul 76
Figura 9-25 – Rejeição da LT 345 kV Sul - São Caetano abertura intempestiva disjuntor da SE São Caetano 76
Figura 9-26 – Sistema Pré-rejeição dupla da LT 345 kV Sul - São Caetano 77
Figura 9-27 – Rejeição dupla da LT 345 kV Sul - São Caetano abertura intempestiva disjuntor da SE Sul 77
Figura 9-28 – Rejeição dupla da LT 345 kV Sul - São Caetano abertura intempestiva disjuntor da SE São Caetano 77
Figura 9-29 – Sistema Pré-rejeição da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale 78
Figura 9-30 – Rejeição da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale abertura intempestiva disjuntor da SE São Caetano 78
Figura 9-31 – Rejeição da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale abertura intempestiva disjuntor da SE Miguel Reale 78
Figura 9-32 – Rejeição dupla da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale abertura intempestiva disjuntor da SE São Caetano 78
Figura 9-33 – Rejeição dupla da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale abertura intempestiva disjuntor da SE Miguel Reale 79
Figura 9-34 – Rejeição dupla da LT 345kV São Caetano – Miguel Reale abertura intempestiva disjuntor da SE São Caetano 79
Figura 9-35 – Sistema Pré-rejeição da LT 345 kV Miguel Reale - Norte 79
Figura 9-36 – Rejeição da LT 345 kV Miguel Reale – Norte abertura intempestiva disjuntor da SE Miguel Reale 79
Figura 9-37 – Rejeição da LT 345 kV Miguel Reale – Norte abertura intempestiva disjuntor da SE Norte 79
Figura 9-38 - Rejeição dupla da LT 345 kV Miguel Reale – Norte abertura intempestiva disjuntor da SE Norte 80
Figura 9-39 - Rejeição da LT 345 kV Miguel Reale – Norte abertura intempestiva disjuntor da SE Miguel Reale 80
Figura 9-40 – Sistema Pré-rejeição da LT 345 kV Norte – São Miguel 80
Figura 9-41 – Rejeição da LT 345 kV Norte – São Miguel abertura intempestiva disjuntor da SE Norte 81
Figura 9-42 - Rejeição da LT 345 kV Norte – São Miguel abertura intempestiva disjuntor da SE São Miguel 81
Figura 9-43 – Sistema Pré-rejeição dupla da LT 345 kV Norte – São Miguel 81
Figura 9-44 – Rejeição dupla da LT 345 kV Norte – São Miguel abertura intempestiva disjuntor da SE Norte 81
Figura 9-45 - Rejeição dupla da LT 345 kV Norte – São Miguel abertura intempestiva disjuntor da SE São Miguel 81
Figura 9-46 – Sistema Pré-rejeição da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho 82
Figura 9-47 – Rejeição da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho abertura intempestiva disjuntor da SE São Miguel 82
Figura 9-48 - Rejeição da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho abertura intempestiva disjuntor da SE Ramon Reberte Filho 82
Figura 9-49 – Rejeição dupla da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho abertura intempestiva disjuntor da SE São Miguel 82
Figura 9-50 – Rejeição dupla da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho abertura intempestiva disjuntor da SE Ramon Reberte Filho 82
Figura 10-1 – Diagrama – Alternativa RLCC de seção de barramento – 2 x 30 Ω nas novas subestações 86
Figura 10-2 – Diagrama – Fluxos e tensões em condição normal – Carga média - 2026 89
Figura 10-3 – Diagrama – Fluxos e tensões em contingência dupla – Carga média - 2026 89

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3-1 - Alternativa vencedora - Obras recomendadas em subestações....9
Tabela 3-2 – Alternativa vencedora - Obras recomendadas em linhas de transmissão 9
Tabela 3-3 – Alternativa vencedora - Obras recomendadas na rede de distribuição 10
Tabela 4-1 Limites operativos de tensão....15
Tabela 5-1 - Transformadores de Fronteira – Condição Normal – Carga Media....19
Tabela 5-2 - Transformadores de Fronteira – Condição Normal – Carga Pesada 20
Tabela 5-3 - LT 345 kV – Condição Normal – Carga Média 21
Tabela 5-4 - LT 345 kV – Condição Normal – Carga Pesada 21
Tabela 5-5 - Transformadores de Fronteira – Emergência – Carga Média 21
Tabela 5-6 - Transformadores de Fronteira – Emergência – Carga Pesada....22
Tabela 5-7 - LT 345 kV – Emergência – Carga Média....22
Tabela 5-8 - LT 345 kV – Emergência – Carga Pesada 22
Tabela 5-9 - Contingências Duplas em LTs 345 kV – Montante de Corte de Carga....23
Tabela 6-1 – Investimentos obras de conexão 88 kV – SE São Miguel....29
Tabela 6-2 – Investimentos obras de conexão 88 kV – SE Ayrton Senna 31
Tabela 6-3 – Comparação Investimentos – SE São Miguel x SE Ayrton Senna....31
Tabela 6-4 – Investimentos obras de conexão 88 kV – SE São Caertano 36
Tabela 6-5 - Remanejamentos de carga a partir de 2026....39
Tabela 6-6 – Extensões estimadas para as novas linhas subterrâneas....43
Tabela 6-7 - Dados do ambiente 44
Tabela 6-8 – Distribuição das cargas para dimensionamento das linhas subterrâneas....44
Tabela 6-9 - Dados do sistema – Fluxos máximos observados para diferentes condições de operação 45
Tabela 6-10 - Temperaturas para diferentes cabos e condições de operação 46
Tabela 6-11 - Capacidades operativas definidas para as LT....46
Tabela 6-12 - Características elétricas básicas da LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul, C1 e C2 48
Tabela 6-13 - Características elétricas básicas da LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul, C1 e C2....49
Tabela 6-14 - Características elétricas básicas da LT 345 kV Norte – São Miguel, C1 e C2....49
Tabela 6-15 - Características elétricas básicas da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho, C1 e C2....49
Tabela 7-1 –Condição Normal – Carga Média – Tensão....52
Tabela 7-2 – Condição Normal – Carga Média – Fluxos....52
Tabela 7-3 – Condição de Emergência – Carga Média – Fluxos....62
Tabela 7-4 – Condição de Emergência (Perda Dupla) – Carga Média – Fluxos....63
Tabela 8-1 – Plano de obras e estimativa de custos da Configuração A 65
Tabela 8-2 – Plano de obras e estimativa de custos da Configuração B 66
Tabela 8-3 Comparação dos Rendimentos Necessários das Alternativas 67
Tabela 8-4 Custo Diferencial de Perdas (R$ X 1.000)....67
Tabela 8-5 Comparação Econômica 67
Tabela 9-1 – Valores máximos admissíveis para tensão em regime permanente na extremidade da linha a ser energizada 68
Tabela 9-2 – Máximas sobretensões dinâmicas durante a energização 75
Tabela 9-3 – Máxima tensão dinâmica em terminal aberto durante a rejeição....83
Tabela 10-1 – Análise Mínimo Disjuntor – Configuração A....84
Tabela 10-2 – Análise *line-out* – Configuração A 85
Tabela 10-3 – Análise Mínimo Disjuntor – RLCC com seção de barramento....87
Tabela 10-4 – Tensão nas barras 345 kV – Contingência dupla da LT 345 kV Guarulhos – Norte C1/C2 88
Tabela 10-5 – Resumo das análises – Alternativas com/sem RLCC....90
Tabela 14-1 – Parâmetros elétricos das linhas de transmissão....95
Tabela 14-2 – Parâmetros elétricos dos transformadores de fronteira 95

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

1.1 Considerações Iniciais

Em setembro de 2012 foi emitido o Relatório EPE-DEE-RE-058/2012-r0 "Estudo de Longo Prazo da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)". Este estudo teve como principal objetivo analisar o desempenho do sistema elétrico da RMSP, considerando o horizonte de longo prazo (20 anos), com foco principal na Rede Básica e nas transformações de fronteira e propor a criação de grupos de estudos específicos a serem desenvolvidos nos próximos planos de trabalho do GET-SP.

Ao longo dos últimos anos foi emitido uma série de estudos com recomendações de obras para a RMSP. O presente estudo tem como abrangência uma grande parcela de carga da Capital, além de cargas da Região do ABC, que atualmente são atendidas pelas transformações de fronteira das subestações Miguel Reale, Leste, Ramon Reberte Filho e Sul, todas na área de concessão da ENEL SP, e subestação Norte, com cargas da ENEL SP e EDP SP.

O montante total de carga atualmente atendido por essas subestações é de cerca de 3.600 MW, com previsão de atingir cerca de 4.500 MW em 2027, o que significa um crescimento acumulado de aproximadamente 900 MW em 10 anos. Esse montante de crescimento é do mesmo porte de uma subestação de fronteira típica dessa região.

1.2 Objetivos Gerais

O objetivo deste estudo é definir a melhor alternativa de suprimento às cargas das regiões Norte, Sul e Leste do município de São Paulo, além da Região do ABC, em grande parte atendidas pela distribuidora ENEL SP.

O estudo deve indicar, do ponto de vista técnico, econômico e ambiental, o melhor cronograma de obras a ser implantado no horizonte considerado, levando em conta as alternativas de expansão que garantam o atendimento aos consumidores com padrões de qualidade e continuidade adequados, frente ao crescimento do mercado de energia elétrica previsto para a região.

1.3 Abordagem adotada

Devido à importância das regiões analisadas, o estudo em referência procurou encontrar alternativas que atendessem ao critério N-1 e, ao mesmo tempo, provessem as subestações que hoje são

atendidas por circuitos radiais de uma nova fonte de injeção. Também foram testadas nas alternativas a possibilidade de atendimento ao critério de confiabilidade diferenciado em N-2.

Para tanto, foi analisada uma quantidade significativa de configurações de fechamento de anel para a eliminação dos corredores radiais da LT 345 kV Guarulhos – Norte C1 e C2, da LT 345 kV Norte – Miguel Reale C1 e C2 (subterrânea) e da LT 345 kV Leste – Ramon, contando, ainda, com a implantação de dois novos pontos de suprimento, sendo um para a região do ABC e Sul da Capital e outro para as regiões Norte/Leste da Capital.

A partir da configuração escolhida, serão avaliados os seguintes aspectos no presente estudo:

- Viabilidade física de expansão das subestações existentes para instalação de novos *bays* e/ou reatores de linha;
- Avaliação de superação de disjuntores em subestações existentes;
- Desempenho em contingência dupla (N-2);
- Terrenos disponíveis para os novos pontos de suprimento; e
- Principais interferências referentes às novas linhas de transmissão subterrâneas.

2 CONCLUSÕES

Foram estudadas diversas combinações de novas linhas e subestações que possibilitassem um atendimento robusto e de longo prazo às cargas das sub-regiões Norte, Leste e Sul da Região Metropolitana de São Paulo e ABC. Essas soluções objetivaram eliminar os corredores 345 kV existentes e prover a distribuidora de novos pontos de fronteira, de modo a aliviar o carregamento das transformações existentes que apresentam risco de esgotamento no médio/longo prazo.

Dessas combinações, apenas duas configurações mostraram-se tecnicamente viáveis, ambas considerando novas linhas 345 kV subterrâneas e subestações GIS (*Gas Insulated Substation*).

A comparação econômica resultou como vencedora a alternativa denominada Configuração A, que constitui o conjunto de obras recomendadas no presente estudo. Além de cerca de 100 km em novas linhas de transmissão subterrâneas 345 kV, a Configuração A contempla duas novas subestações de fronteira 345/88 kV, com capacidade de transformação de até 1200 MVA cada (3 x 400 MVA), denominadas SE São Miguel e SE São Caetano do Sul. Essa solução atende às regiões Norte, Leste e Sul da Capital, além de grande parte do ABC paulista, que representam, atualmente, cerca de 3.600 MW de carga.

Além de permitir o atendimento ao critério N-1 no horizonte de longo prazo (2040), a implantação das obras indicadas trará os seguintes benefícios sistêmicos:

- Dota o sistema elétrico da região de dois novos pontos de conexão ao sistema em 345 kV, que é importante uma vez que as subestações de fronteira existentes já começam a apresentar sinais de esgotamento, mesmo considerando as ampliações tecnicamente viáveis; e
- Propicia o fechamento de um anel 345 kV no sistema elétrico supridor, o que garante o atendimento ao critério diferenciado N-2, quando da perda dupla da LT 345 kV Guarulhos - Norte C1 e C2 e da LT 345 kV Leste – Ramon C1 e C2, ambas aéreas de circuito duplo.

O plano de obras recomendado nesse estudo também envolve intervenções no sistema elétrico existente, como a substituição de uma quantidade significativa de disjuntores nos pátios 345 kV das subestações Ramon, Miguel Reale e Leste, todas sob concessão da ISA-CTEEP.

O custo total dos investimentos é de cerca de R$ 3,0 bilhões, considerando as obras no âmbito da distribuição.

3 RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista os critérios técnicos e econômicos, recomenda-se a implantação da Configuração A, com o cronograma de obras de acordo com a Figura 3-1 e as Tabelas 3-1 a 3-3.

Tabela 3-1 - Alternativa vencedora - Obras recomendadas em subestações

Ano	Subestação	Tensão	Descrição
2026	São Miguel (GIS)	345 kV	Novo pátio de 345 kV (GIS)
		345/88 kV	1°, 2° e 3° TR 345/88 kV, (9+1R) x 133,33 MVA 1Φ
		88 kV	Novo pátio de 88 kV (GIS)
2026	São Caetano do Sul (GIS)	345 kV	Novo pátio de 345 kV (GIS)
		345/88 kV	1° e 2° TR 345/88 kV, (6+1R) x 133,33 MVA 1Φ
		88 kV	Novo pátio de 88 kV (GIS)
2022*	Miguel Reale	345/88 kV	3° TR 345/88 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ
		345/20 kV	3 º TR 345-20 kV, 135 MVA 3Φ
2025		345 kV	Substituição de 4 disjuntores 345 kV equipamentos associados (GIS)
2022*	Ramon	345/88 kV	4° TR 345/88 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ
2025		345 kV	Substituição de 6 disjuntores 345 kV equipamentos associados (GIS)
2022*	Leste	345/88 kV	4° TR345/88 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ
2025		345 kV	Substituição de 4 disjuntores 345 kV equipamentos associados
2025	Baixada Santista	345 kV	Substituição de 3 disjuntores 345 kV e equipamentos associados
2025	Interlagos	345 kV	Substituição de 3 disjuntores 345 kV e equipamentos associados

*. Data de necessidade estimada para viabilização da logística de substituição dos disjuntores 345 kV da subestação.

Tabela 3-2 – Alternativa vencedora - Obras recomendadas em linhas de transmissão

Ano	Linha de Transmissão	Configuração de Referência	Extensão
2022	LT 345 kV Norte - Miguel Reale, C3 e C4	Subterrânea 1600 mm^2 Al (XLPE)*	2 x 14,5 km
2026	LT 345 kV Norte - São Miguel, C1 e C2	Subterrânea 1600 mm^2 Al (XLPE)	2 x 8,1 km
2026	LT 345 kV São Miguel - Ramon, C1 e C2	Subterrânea 1600 mm^2 Al (XLPE)	2 x 9,1 km
2026	LT 345 kV Miguel Reale - São Caetano do Sul, C1 e C2	Subterrânea 1600 mm^2 Al (XLPE)	2 x 7,8 km
2026	LT 345 kV Sul - São Caetano do Sul, C1 e C2	Subterrânea 2500 mm^2 Al (XLPE)	2 x 14,1 km

*. Compartilhamento de túnel com os circuitos C1 e C2 existentes, sendo necessária a realização de estudo para levantar a carga térmica atual e simulação da carga térmica com o acréscimo de dois circuitos, todos na pior condição de carregamento. A partir do resultado do estudo, será possível definir a necessidade de implantação de sistema de refrigeração. Cabe ressaltar que este estudo terá influência inclusive no dimensionamento do condutor utilizado.

Tabela 3-3 – Alternativa vencedora - Obras recomendadas na rede de distribuição

Ano	Obra	Configuração	Extensão
2021	RAC CPTM São Caetano C1 e C2	2x(1x336,4 MCM), CAA, TUCD, 138 kV operando inicialmente em 88 kV.	2 x 0,18 km
2022	EOC Vila Olívia	2 conjuntos de chaves 2000 A de abertura em carga, telecomandadas.	-
2022	LTA Leste - Norte C1 e C2	Aérea 2000 A, TUCD, 138 kV operando inicialmente em 88 kV.	2 x 8,89 km
2022	LTA Leste - Vila Olivia C1 e C2	Aérea 2000 A, TUCD, 138 kV operando inicialmente em 88 kV.	2 x 2,48 km
2022	EOC Vila Buenos Aires	1 conjunto de chaves 2000 A de abertura em carga, telecomandadas.	-
2025	RAE Vila Olivia C1 e C2	Re-siglagem do atual RAE VOL 1-2 para LTA SMI-BAI 1-2.	-
2026	LTA Ramon Reberte Filho - Adelino C1 e C2	2x(2x636 MCM), temperatura de projeto 90ºC, CAA, TUCD, 138 kV operando inicialmente em 88 kV.	2 x 0,70 km
2026	LTS São Caetano - Bandeirantes C3 e C4	Subterrânea 300 MVA Al XLPE.	2 x 0,25 km
2026	LTS São Caetano - Wilson C5 e C6	Subterrânea 300 MVA Al XLPE.	2 x 0,25 km
2026	LTS São Caetano-ZF C3 e C4	Subterrânea 300 MVA Al XLPE.	2 x 0,40 km
2026	ETR Guido Aliberti	Estação de transição para permitir conexão de rede de AT aérea com rede de AT subterrânea.	-
2026	ETR Tortorello	Estação de transição para permitir conexão de rede de AT aérea com rede de AT subterrânea.	-
2026	ETR ZF	Estação de transição para permitir conexão de rede de AT aérea com rede de AT subterrânea.	-
2026	LTA Sul - Bandeirantes C3 e C4	Aérea 2000 A, TUCD, 138 kV operando inicialmente em 88 kV.	2 x 0,15 km
2026	LTA Sul - WIL C5 e C6	Aérea 2000 A, TUCD, 138 kV operando inicialmente em 88 kV.	2 x 0,15 km
2026	LTA Sul - ZF C3 e C4	Aérea 2000 A, TUCD, 138 kV operando inicialmente em 88 kV.	2 x 0,15 km
2026	RAE Vila Olivia C1 e C2	Remoção de aproximadamente 0,85 km. Implantação de torre de transição.	
2026	LTS São Miguel - Leste C1 e C2	Subterrânea 300 MVA Al XLPE.	2 x 1,5 km
2026	LTS São Miguel - Norte C1 e C2	Subterrânea 300 MVA Al XLPE.	2 x 0,15 km
2026	LTS São Miguel - Vila Olívia C1 e C2	Subterrânea 300 MVA Al XLPE.	2 x 1,0 km
2026	ETR Buenos Aires	Estação de transição para permitir conexão de rede de AT aérea com rede de AT subterrânea.	-
2026	LTA Leste - Norte C1 e C2	Aérea 2000 A, TUCD, 138 kV operando inicialmente em 88 kV.	2 x 0,15 km
2026	LTA Leste - Norte C1 e C2	Aérea 2000 A, TUCD, 138 kV operando inicialmente em 88 kV.	2 x 0,15 km

Cumpre notar que as obras de rede básica com data de necessidade de 2026 estão compatibilizadas com as obras da rede de distribuição, sob responsabilidade da ENEL SP. No entanto, há que se destacar que uma eventual antecipação das obras que propiciam o fechamento do anel 345 kV permitiria agregar um significativo benefício sistêmico para a região, principalmente quanto à perda dupla da LT 345 kV Guarulhos - Norte C1 e C2 e da LT 345 kV Leste – Ramon Reberte Filho C1 e C2, ambas aéreas de circuito duplo que hoje são pontos de fragilidade do sistema que atende a capital paulista.

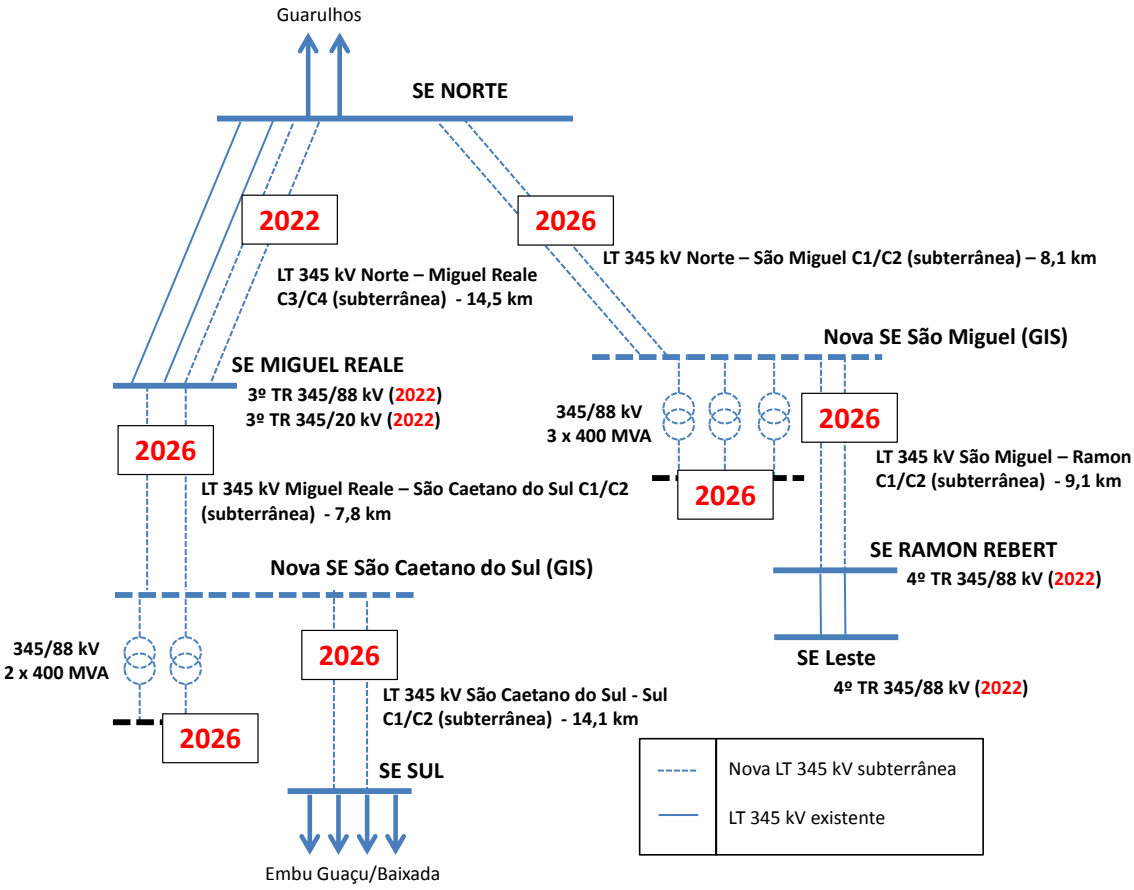


Figura 3-1 – Diagrama esquemático da alternativa vencedora

Além das obras indicadas neste estudo, as novas subestações SE 345/88 kV São Miguel e SE 345/88 kV São Caetano do Sul deverão ser dimensionadas visando atender às futuras expansões, conforme diagramas apresentados na Figura 3-2 e na Figura 3-3.

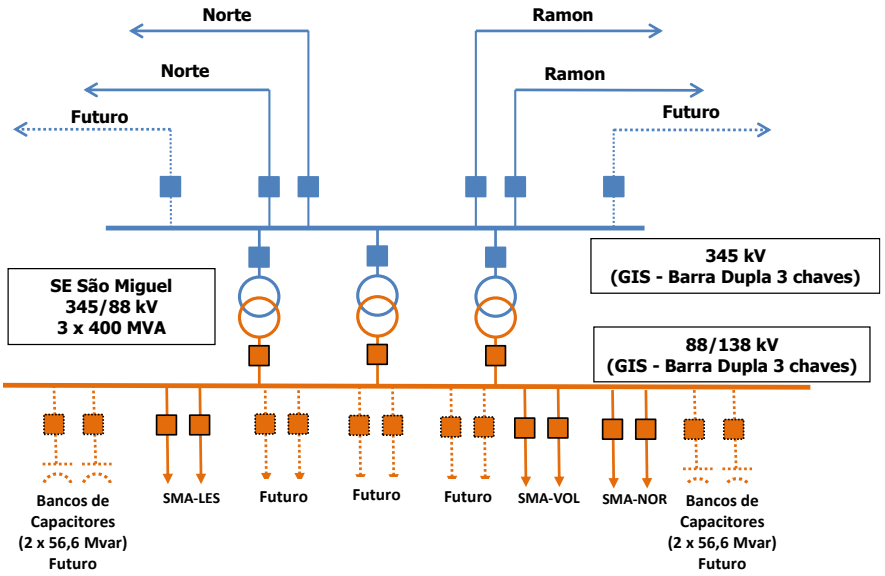


Figura 3-2 – SE Configuração Final – SE São Miguel

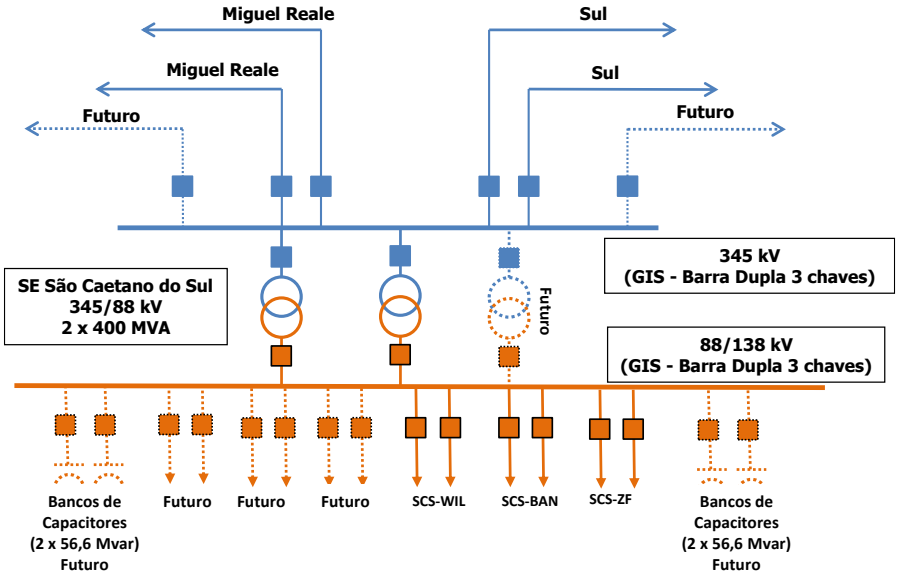


Figura 3-3 – SE Configuração Final – SE São Caetano do Sul

Tendo em vista que os reforços do sistema de transmissão serão implantados em áreas densamente urbanizadas da Região Metropolitana de São Paulo, de modo a atender o nível máximo admissível de ruído audível para a região, as unidades transformadoras das novas subestações GIS deverão ser abrigadas em edificações, com o uso de equipamentos de baixa emissão de ruídos, podendo o empreendedor apresentar quaisquer outras soluções que atendam a esse requisito.

Com relação ao setor de 88 kV das novas subestações (São Miguel e São Caetano do Sul), visando atender aos requisitos de corrente máxima de curto trifásico (31,5 kA) e monofásico (23 kA) da rede 88 kV da ENEL SP suprida por essas subestações, recomenda-se que a impedância dos transformadores 345/88 kV, 400 MVA, não sejam inferiores à 23 % na base própria, limitados a operarem com, no máximo, três bancos em paralelo. Para as faltas monofásicas, de forma conservadora, recomenda-se o valor de impedância de 13,5 % para os transformadores de aterramento.

Os equipamentos e linhas de transmissão recomendados neste relatório devem apresentar parâmetros e capacidades conforme informações contidas no Anexo 14.1.

4 PREMISSAS E CRITÉRIOS

4.1 Critérios Básicos

As análises elétricas foram elaboradas em conformidade com os critérios usuais de planejamento definidos nos seguintes documentos: (i) EPE - Diretrizes para Elaboração dos Relatórios Técnicos Referentes às Novas Instalações da Rede Básica; (ii) CCPE – "Critérios e Procedimentos para o Planejamento da Expansão dos Sistemas de Transmissão"; (iii) ONS – "Procedimentos de Rede – Submódulo 23.3 (Diretrizes e Critérios para Estudos Elétricos)"; e (iv) ANEEL – "Procedimentos de Distribuição".

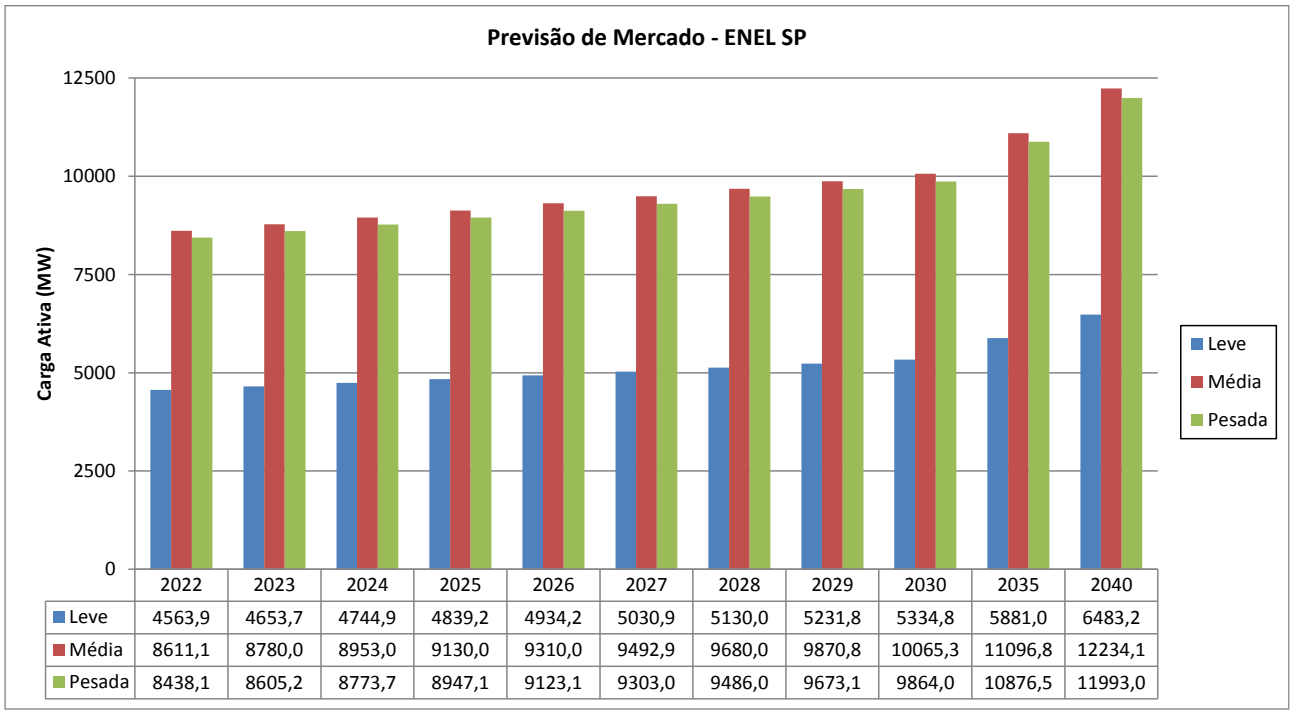
4.2 Casos de Trabalho

Foram adotados os casos de trabalho referentes ao Plano Decenal 2027, disponibilizados em 14 de dezembro de 2018.

4.3 Projeções de mercado

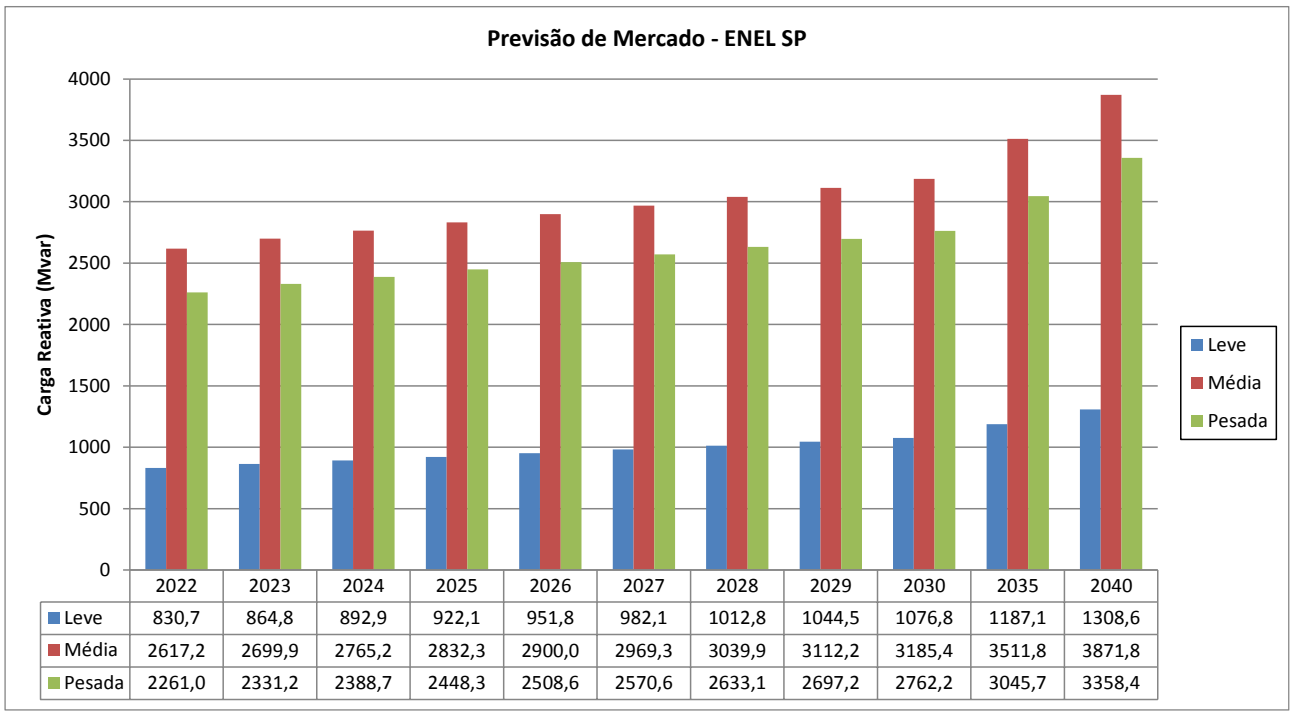
As projeções de demanda consideradas foram aquelas que constam dos casos do Plano Decenal 2027.

Nos gráficos a seguir são apresentadas as previsões de carga ativa e reativa da ENEL SP, no horizonte 2030, com extrapolações para os anos 2035 e 2040, nos patamares de carga pesada, média e leve. O crescimento médio de carga esperado para essa região é de aproximadamente 2,0 % ao ano.



	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
Leve	4563,9	4653,7	4744,9	4839,2	4934,2	5030,9	5130,0	5231,8	5334,8	5881,0	6483,2
Média	8611,1	8780,0	8953,0	9130,0	9310,0	9492,9	9680,0	9870,8	10065,3	11096,8	12234,1
Pesada	8438,1	8605,2	8773,7	8947,1	9123,1	9303,0	9486,0	9673,1	9864,0	10876,5	11993,0

Gráfico 1 – Previsão de mercado da ENEL SP, carga ativa.



	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
Leve	830,7	864,8	892,9	922,1	951,8	982,1	1012,8	1044,5	1076,8	1187,1	1308,6
Média	2617,2	2699,9	2765,2	2832,3	2900,0	2969,3	3039,9	3112,2	3185,4	3511,8	3871,8
Pesada	2261,0	2331,2	2388,7	2448,3	2508,6	2570,6	2633,1	2697,2	2762,2	3045,7	3358,4

Gráfico 2 – Previsão de mercado da ENEL SP, carga reativa.

4.4 Níveis de Intercâmbio

Foram mantidos os níveis de intercâmbios definidos nos casos de fluxo de potência do Plano Decenal 2027.

Os cenários de intercâmbio são:

- Norte Úmido (predominantemente no primeiro semestre): essa condição representa o período de alta hidraulicidade nas bacias da região norte, quando a região sul é importadora da região sudeste/centro-oeste, e esta importadora das regiões norte e nordeste; e
- Norte Seco (predominantemente no segundo semestre): essa condição representa o período de baixa hidraulicidade nas usinas da região norte, quando a região sul é exportadora para a região sudeste/centro-oeste, e esta exportadora para as regiões norte e nordeste.

4.5 Plano de Geração

O estudo foi realizado considerando o plano de geração adotado no Plano Decenal 2027.

4.6 Limites Operativos

4.6.1 Tensão

Como critério de análise do perfil de tensão, admitiu-se que os barramentos de carga da Rede Básica não deveriam exceder as faixas estabelecidas nos Procedimentos de Rede para classificação adequada, conforme apresentadas na Tabela 4-1.

Tabela 4-1 Limites operativos de tensão

Limites de Tensão				
Tensão	**Condição Normal**		**Condição de Emergência**	
kV	min	max	min	max
<=138	0,950	1,050	0,900	1,050
230	0,950	1,050	0,900	1,050
345	0,950	1,050	0,900	1,050
440	0,950	1,046	0,900	1,046
500	1,000	1,100	0,950	1,100
525	0,950	1,050	0,950	1,050
765	0,900	1,046	0,900	1,046

4.7 Carregamento

Para as linhas de transmissão existentes na Rede Básica, foram utilizados, em regime normal e de emergências, os limites de carregamentos constantes do Contrato de Prestação de Serviços de Transmissão (CPST). Em relação às linhas novas subterrâneas, foram adotados limites calculados conforme metodologia descrita no item 6.3.

Para os transformadores existentes, foram utilizados os limites de curta e longa duração informados pelas empresas proprietárias dos equipamentos no CPST. No caso de transformadores novos, foi considerada a capacidade operativa de curta duração (4 horas) correspondente a 120% da capacidade nominal do equipamento.

4.8 Cenários

Os casos analisados foram os de carga média, no cenário Norte Úmido, e de carga pesada, no cenário Norte Seco.

Para o sistema da Grande São Paulo, o patamar de carga mais severo é o de carga média. Com relação ao cenário de intercâmbio, não foram detectadas diferenças significativas nos resultados das simulações em função do cenário considerado. Para o cálculo das perdas foram considerados os três patamares de carga.

4.8.1 Fator de Potência

Na fronteira com a Rede Básica, foi considerado um fator de potência mínimo de 0,95 para os pontos de 138 kV e 88 kV.

4.9 Parâmetros Econômicos

Para o custeamento das novas instalações de Rede Básica e Rede de Fronteira foram utilizados os preços da "Base de Referência de Preços ANEEL – Junho/2017". Com relação aos itens que não constam da Base de Preços ANEEL, foram estimados valores com base em resultados de leilões de transmissão e consulta a fabricantes. Para o custeamento das obras de distribuição de 88/138 kV (novas linhas e/ou reconstruções) foram utilizados os preços referenciais da ENEL SP.

Salienta-se que esses valores são de referência, compostos por custos médios de mercado, e utilizados apenas para comparação de alternativas em estudos de planejamento, não servindo como base para orçamentos executivos do empreendimento.

Foram considerados ainda:

- Custo marginal de expansão (custo de perdas): R$ 233,95 / MWh;
- Taxa de desconto: 8% a.a.;
- Ano de referência: 2019;
- Tempo de vida útil das instalações: 30 anos;

- Ano horizonte: 2040; e
- Empate entre alternativas: diferença de custos inferior a 5 % (requer análises adicionais).

4.10 Classificação do Horizonte das Obras

Foram consideradas como determinativas as obras definidas dentro do horizonte do Programa de Expansão da Transmissão da EPE – PET: Ciclo 2019 – 1º semestre, ou seja, até o ano 2025. As demais obras foram definidas como indicativas, e serão incorporadas ao Programa de Expansão de Longo Prazo da EPE – PELP: Ciclo 2019 – 1º semestre.

Cumpre notar que tanto as obras determinativas quanto as indicativas fazem parte das recomendações do estudo. Contudo, as obras indicativas poderão ser reavaliadas nos ciclos de planejamento subsequentes. Por outro lado, caso não sejam vislumbrados novos problemas que justifiquem análises adicionais para as regiões envolvidas, essas obras se tornarão determinativas à medida que o horizonte do PET for sendo incrementado.

5 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA

5.1 Sistema Elétrico de Interesse

O sistema de transmissão em análise tem como abrangência uma grande parcela de carga da Capital, além de cargas da Região do ABC, que atualmente são atendidas pelas transformações de fronteira das subestações Miguel Reale, Leste, Ramon Reberte Filho e Sul, todas na área de concessão da ENEL SP, e subestação Norte, na área de concessão da EDP Bandeirante. A Figura 5-1 apresenta diagrama eletrogeográfico do sistema elétrico da Região Metropolitana de São Paulo, onde podem ser vistas as referidas subestações de fronteira.

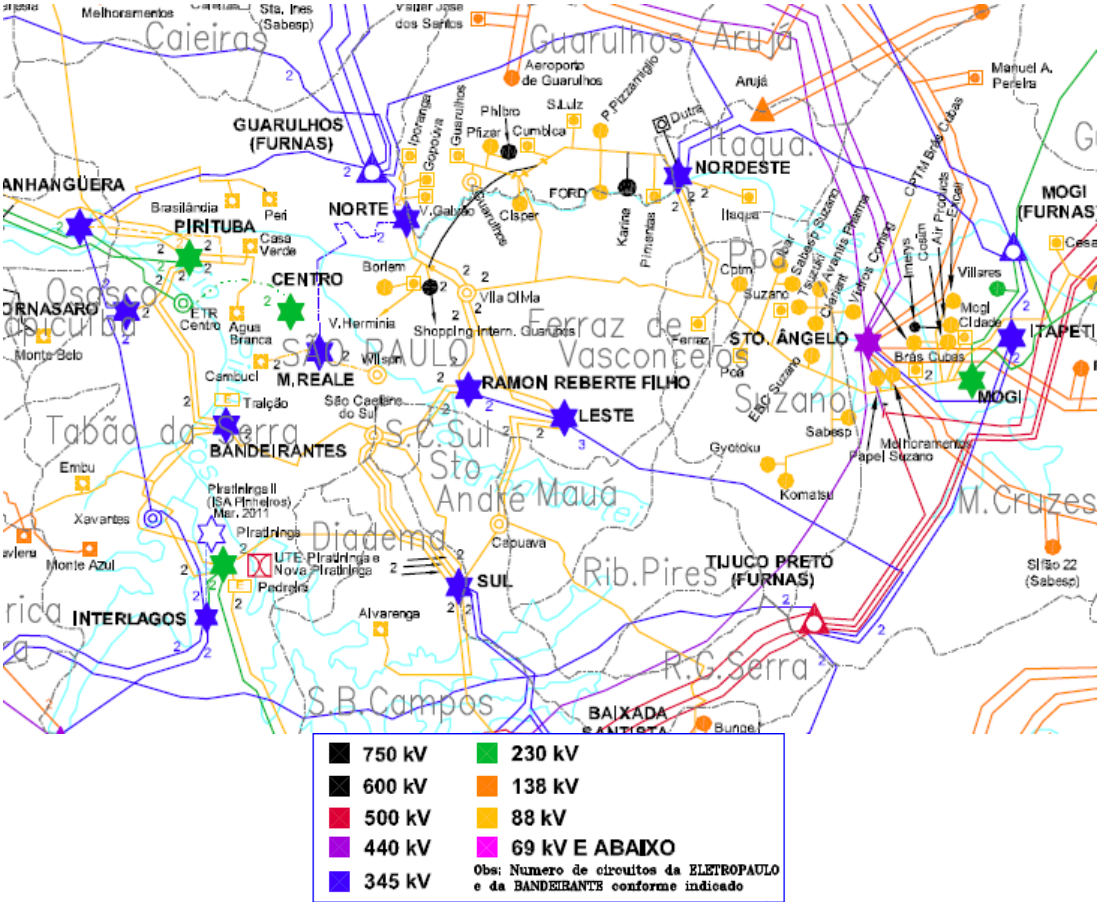


Figura 5-1 – Diagrama eletrogeográfico do sistema elétrico da RMSP

O sistema de 345 kV é o principal supridor das subestações de fronteira da região de análise, com a existência de alguns corredores radiais, tais como: i) LT 345 kV Guarulhos – Norte C1 e C2; ii) LT 345 kV Norte – Miguel Reale C1 e C2 (subterrânea); e iii) LT 345 kV Leste – Ramon C1 e C2.

5.2 Desempenho Elétrico da Rede

O diagnóstico do sistema elétrico em análise foi realizado para os casos de Carga Média Norte Seco e Carga Pesada Norte Úmido para os anos 2022, 2026 e 2030, observando eventuais problemas de tensão e carregamento em linhas e transformadores de fronteira.

5.2.1 Condição Normal

Tabela 5-1 - Transformadores de Fronteira – Condição Normal – Carga Media

CONTINGÊNCIA	LINHAS E TRAFOS	NC/LIM	2022	2026	2030
		NC LIM.	MW Mvar %	MW Mvar %	MW Mvar %
Condição Normal	NORTE--SP345 NORT-A-SP088	1 400	193 92 53%	211 104 59%	231 117 65%
	NORTE--SP345 NORT-A-SP088	2 400	171 81 47%	187 92 52%	204 104 58%
	NORTE--SP345 NORT-A-SP088	3 400	189 90 52%	207 102 58%	226 115 64%
	NORTE--SP345 NORTE2-SP088	1 400	224 72 59%	242 85 64%	262 81 69%
	NORTE--SP345 NORTE2-SP088	2 400	221 71 58%	239 84 63%	258 79 68%
	MREALE-SP345 MREAEA-SP088	1 400	186 90 52%	251 138 72%	271 153 79%
	MREALE-SP345 MREAEA-SP088	2 400	186 90 52%	251 138 72%	271 153 79%
	MREALE-SP345 MREADA-SP020	1 135	50 20 40%	54 23 44%	58 25 47%
	MREALE-SP345 MREADA-SP020	2 135	50 20 40%	54 23 44%	58 25 47%
	NORDES-SP345 NORDSA-SP088	1 400	246 51 62%	270 50 68%	297 54 75%
	NORDES-SP345 NORDSA-SP088	2 400	240 49 61%	264 48 66%	290 52 73%
	NORDES-SP345 NORDSA-SP088	3 400	246 51 62%	270 49 68%	297 54 75%
	LESTE--SP345 LEST-A-SP088	1 400	247 69 63%	266 86 68%	288 78 73%
	LESTE--SP345 LEST-A-SP088	2 400	245 68 62%	265 85 68%	286 77 73%
	LESTE--SP345 LEST-A-SP088	3 400	248 69 63%	268 86 69%	290 78 73%
	RREBER-SP345 RREBER-SP088	1 400	228 58 58%	247 72 63%	267 84 69%
	RREBER-SP345 RREBER-SP088	2 400	231 59 59%	250 73 64%	270 85 70%
	RREBER-SP345 RREBER-SP088	3 400	229 58 58%	247 72 63%	268 84 69%
	SUL----SP345 SUL-I--SP088	1 400	199 46 50%	205 50 51%	222 43 55%
	SUL----SP345 SUL-I--SP088	2 400	200 46 50%	206 50 51%	222 43 55%
	SUL----SP345 SUL-I--SP088	3 400	221 51 55%	227 55 57%	246 48 61%
	SUL----SP345 SUL-I--SP088	4 400	226 52 57%	232 56 58%	251 49 62%

Tabela 5-2 - Transformadores de Fronteira – Condição Normal – Carga Pesada

CONTINGÊNCIA	LINHAS E TRAFOS	NC/LIM	2022	2026	2030
		NC LIM.	MW Mvar %	MW Mvar %	MW Mvar %
Condição Normal	NORTE--SP345 NORT-A-SP088	1 400	203 79 54%	222 90 61%	242 101 67%
	NORTE--SP345 NORT-A-SP088	2 400	179 70 48%	196 79 54%	214 90 59%
	NORTE--SP345 NORT-A-SP088	3 400	199 77 53%	217 88 60%	237 99 65%
	NORTE--SP345 NORTE2-SP088	1 400	197 44 50%	213 54 56%	230 62 61%
	NORTE--SP345 NORTE2-SP088	2 400	194 44 49%	210 53 55%	227 61 60%
	MREALE-SP345 MREAEA-SP088	1 400	179 78 49%	245 124 71%	265 138 76%
	MREALE-SP345 MREAEA-SP088	2 400	179 78 49%	245 124 71%	265 138 76%
	MREALE-SP345 MREADA-SP020	1 135	42 16 33%	45 7 35%	49 9 38%
	MREALE-SP345 MREADA-SP020	2 135	42 16 33%	45 7 35%	49 9 38%
	NORDES-SP345 NORDSA-SP088	1 400	258 28 64%	284 44 72%	312 46 79%
	NORDES-SP345 NORDSA-SP088	2 400	251 28 62%	276 43 70%	304 45 77%
	NORDES-SP345 NORDSA-SP088	3 400	258 28 64%	283 44 72%	311 46 79%
	LESTE--SP345 LEST-A-SP088	1 400	257 57 64%	277 73 71%	300 86 77%
	LESTE--SP345 LEST-A-SP088	2 400	255 56 64%	275 72 71%	298 86 77%
	LESTE--SP345 LEST-A-SP088	3 400	258 57 65%	279 73 71%	302 87 78%
	RREBER-SP345 RREBER-SP088	1 400	226 37 56%	244 49 62%	264 60 67%
	RREBER-SP345 RREBER-SP088	2 400	229 38 57%	248 50 63%	268 60 68%
	RREBER-SP345 RREBER-SP088	3 400	226 37 56%	245 50 62%	265 60 67%
	SUL----SP345 SUL-I--SP088	1 400	192 29 48%	196 31 49%	212 39 54%
	SUL----SP345 SUL-I--SP088	2 400	193 29 48%	197 31 50%	213 39 54%
	SUL----SP345 SUL-I--SP088	3 400	213 32 53%	218 35 55%	235 43 59%
	SUL----SP345 SUL-I--SP088	4 400	218 33 54%	223 36 56%	241 44 61%

Tabela 5-3 - LT 345 kV – Condição Normal – Carga Média

CONTINGÊNCIA	LINHAS E TRAFOS	NC/LIM	2022	2026	2030
		NC LIM.	MW Mvar %	MW Mvar %	MW Mvar %
Condição Normal	GUARUL-SP345 NORTE--SP345	1 1793	736 155 42%	849 242 49%	922 278 54%
	GUARUL-SP345 NORTE--SP345	2 1793	736 155 42%	849 242 49%	922 278 54%
	NORTE--SP345 MREALE-SP345	1 450/400	237 -51 54%	305 2 76%	330 21 83%
	NORTE--SP345 MREALE-SP345	2 450/400	237 -51 54%	305 2 76%	330 21 83%
	TPRET2-SP345 LESTE--SP345	2 912	469 133 52%	510 171 56%	554 176 61%
	TPRET1-SP345 LESTE--SP345	3 912	502 121 55%	538 155 59%	577 171 63%
	LESTE--SP345 RREBER-SP345	1 1195	344 85 29%	372 107 32%	403 125 34%
	LESTE--SP345 RREBER-SP345	2 1195	344 85 29%	372 107 32%	403 125 34%

Tabela 5-4 - LT 345 kV – Condição Normal – Carga Pesada

CONTINGÊNCIA	LINHAS E TRAFOS	NC/LIM	2022	2026	2030
		NC LIM.	MW Mvar %	MW Mvar %	MW Mvar %
Condição Normal	GUARUL-SP345 NORTE--SP345	1 1793	708 90 39%	820 231 48%	891 208 52%
	GUARUL-SP345 NORTE--SP345	2 1793	708 90 39%	820 231 48%	891 208 52%
	NORTE--SP345 MREALE-SP345	1 450/400	221 -69 51%	291 106 79%	315 -5 80%
	NORTE--SP345 MREALE-SP345	2 450/400	221 -69 51%	291 -20 75%	315 -5 80%
	TPRET2-SP345 LESTE--SP345	1 912	466 106 50%	506 128 56%	552 158 61%
	TPRET2-SP345 LESTE--SP345	2 912	471 107 51%	512 129 56%	558 159 62%
	TPRET1-SP345 LESTE--SP345	3 912	521 76 56%	559 133 61%	597 160 66%
	LESTE--SP345 RREBER-SP345	1 1195	341 54 28%	369 72 31%	399 88 34%
	LESTE--SP345 RREBER-SP345	2 1195	341 54 28%	369 72 31%	399 88 34%

Considerando a região de interesse, não foram identificadas quaisquer violações de tensão ou de carregamento em condição normal de operação.

5.2.2 Condição de Emergência

Tabela 5-5 - Transformadores de Fronteira – Emergência – Carga Média

CONTINGÊNCIA	LINHAS E TRAFOS	NC LIM.	2022 MW Mvar %	2026 MW Mvar %	2030 MW Mvar %
TR-1 345/88 kV MREALE-SP345 - MREAEA-SP088	MREALE-SP345 MREAEA-SP088	2 480	373 224 90%	502 379 132%	542 442 148%
TR-1 345/88 kV LESTE--SP345 - LEST-A-SP088	LESTE--SP345 LEST-A-SP088	2 457	368 131 84%	397 162 92%	429 155 98%
	LESTE--SP345 LEST-A-SP088	3 457	372 133 85%	402 164 93%	435 157 99%
TR-1 345/88 kV NORTE--SP345 - NORTE2-SP088	NORTE--SP345 NORTE2-SP088	2 480	445 196 101%	481 231 111%	520 231 119%

Tabela 5-6 - Transformadores de Fronteira – Emergência – Carga Pesada

CONTINGÊNCIA	LINHAS E TRAFOS	NC/LIM	2022	2026	2030
		NC LIM.	MW Mvar %	MW Mvar %	MW Mvar %
TR-1 345/88 kV MREALE-SP345 - MREAEA-SP088	MREALE-SP345	2	358 195	490 349	530 402
	MREAEA-SP088	480	85%	129%	143%
TR-1 345/88 kV NORDES-SP345 - NORDSA-SP088	NORDES-SP345	2	379 69	417 98	458 108
	NORDSA-SP088	478	79%	90%	99%
	NORDES-SP345	3	388 71	427 100	469 110
	NORDSA-SP088	478	81%	92%	101%
TR-1 345/88 kV LESTE--SP345 - LEST-A-SP088	LESTE--SP345	2	383 116	413 144	447 171
	LEST-A-SP088	457	85%	95%	104%
	LESTE--SP345	3	387 117	418 146	452 173
	LEST-A-SP088	457	86%	96%	105%
TR-1 345/88 kV NORTE--SP345 - NORTE2-SP088	NORTE--SP345	2	390 127	423 154	457 177
	NORTE2-SP088	480	85%	96%	104%
TR-2 345/88 kV NORTE--SP345 - NORTE2-SP088	NORTE--SP345	1	390 126	422 152	457 175
	NORTE2-SP088	478	85%	96%	104%

Tabela 5-7 - LT 345 kV – Emergência – Carga Média

CONTINGÊNCIA	LINHAS E TRAFOS	NC/LIM	2022	2026	2030
		NC LIM.	MW Mvar %	MW Mvar %	MW Mvar %
LT 345 kV NORTE--SP345 - MREALE-SP345, C1	NORTE--SP345	2	474 67	612 176	662 216
	MREALE-SP345	450	106%	142%	156%
LT 345 kV GUARUL-SP345 - NORTE--SP345, C1	GUARUL-SP345	2	1472 331	1699 511	1846 588
	NORTE--SP345	1793	84%	98,4%	108%

Tabela 5-8 - LT 345 kV – Emergência – Carga Pesada

CONTINGÊNCIA	LINHAS E TRAFOS	NC/LIM	2022	2026	2030
		NC LIM.	MW Mvar %	MW Mvar %	MW Mvar %
LT 345 kV NORTE--SP345 - MREALE-SP345, C1	NORTE--SP345	2	443 32	583 122	631 156
	MREALE-SP345	450	98%	135%	148%
LT 345 kV GUARUL-SP345 - NORTE--SP345, C1	GUARUL-SP345	2	1416 199	1643 488	1784 446
	NORTE--SP345	1793	79%	97%	104%

Conforme destacado na Tabela 5-5 a Tabela 5-8, foram detectados problemas de violação de carregamento nas contingências de linhas e transformadores da região de análise. Destacam-se as sobrecargas nas transformações de fronteira da SE Miguel Reale 345/88 kV, a partir de 2024, e da SE Norte 345/88 kV, a partir de 2022. Com relação às linhas de transmissão, destaca-se o problema de sobrecarga da LT 345 kV Norte – Miguel Reale C1 e C2, a partir de 2022, na contingência de um dos circuitos.

Além dos problemas apontados em contingência simples (N-1), as contingências duplas da LT 345 kV Guarulhos – Norte C1 e C2 e da LT 345 kV Leste – Ramon C1 e C2, ambas em circuito duplo, apresentam como efeito elevados cortes de carga, cujos montantes dos cortes de carga para cada uma dessas contingências duplas são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 5-9 - Contingências Duplas em LTs 345 kV – Montante de Corte de Carga

Contingência Dupla	Subestações Atingidas	Montante de corte carga
LT 345 kV Guarulhos – Norte C1 e C2	Norte e Miguel Reale	1500 MW
LT 345 Leste – Ramon C1 e C2	Ramon	700 MW

6 ALTERNATIVAS

Nesta seção são apresentadas as alternativas analisadas, sempre com o intuito de eliminar os corredores radiais existentes e identificar os pontos elétricos favoráveis para a implantação de novas fontes de suprimento. Além disso, são testadas as possibilidades de atendimento ao critério de confiabilidade diferenciado em N-2, considerando o desligamento de linhas de transmissão em torres de circuito-duplo mencionadas na Tabela 5-9.

Por se tratar de uma região densamente urbanizada, com sérias dificuldades de implantação de novas linhas de transmissão aéreas, mesmo que compactas, adotou-se como premissa considerar que toda e qualquer nova LT analisada deverá ser subterrânea. O mesmo conceito foi adotado para as novas subestações, que devido à impossibilidade de se encontrar terrenos com dimensões compatíveis com a de subestações convencionais aéreas, serão utilizadas subestações compactas, isoladas a gás SF6, cujas áreas ocupadas representam cerca de 40% da área de uma subestação convencional equivalente.

Uma vez estabelecida a premissa de que somente serão recomendadas linhas de transmissão subterrâneas e subestações compactas para a região estudada, para a definição das alternativas de análise, foram seguidas as seguintes etapas, as quais serão detalhadas nos subitens a seguir:

I. Identificação dos pontos elétricos mais favoráveis para a implantação de novas subestações compactas, de forma a propiciar maior alívio de carga das subestações existentes, observando, principalmente, a disponibilidade de terreno nas proximidades;

II. Detalhamento das novas subestações e das obras de distribuição associadas.

III. Definição do conjunto de novas linhas de transmissão subterrâneas, em 345 kV, que atendam aos requisitos de eliminação dos corredores radiais existentes, com o menor custo global; e

IV. Definição das especificações básicas das linhas subterrâneas.

6.1 Definição dos Novos Pontos de Suprimento

As novas subestações de fronteira, em 345/88 kV, deverão ser capazes de retirar carga das seguintes subestações existentes: Norte, Miguel Reale, Leste, Ramon Reberte Filho e Sul, todas na área de concessão da ENEL SP. Durante a definição dos novos pontos de suprimento, buscou-se compatibilizar as distâncias entre o sistema da Rede Básica com a rede de distribuição, de 88 kV,

da ENEL SP, minimizando a necessidade de construção de novas linhas de transmissão, tanto na Rede Básica, como na rede de distribuição.

Dada a quantidade de subestações existentes envolvidas, a região de análise foi subdividida em duas sub-regiões:

- Regiões Leste e Nordeste da Capital e município de Guarulhos (sub-região 1); e
- Região Sul da Capital e Grande ABC (sub-região 2)

6.1.1 Regiões Leste e Nordeste da Capital e Guarulhos (sub-região 1)

Esta sub-região tem como principais fontes de suprimento as subestações, em 345/88 kV, Norte, Ramon e Leste, conforme pode ser visto na Figura 6-1.

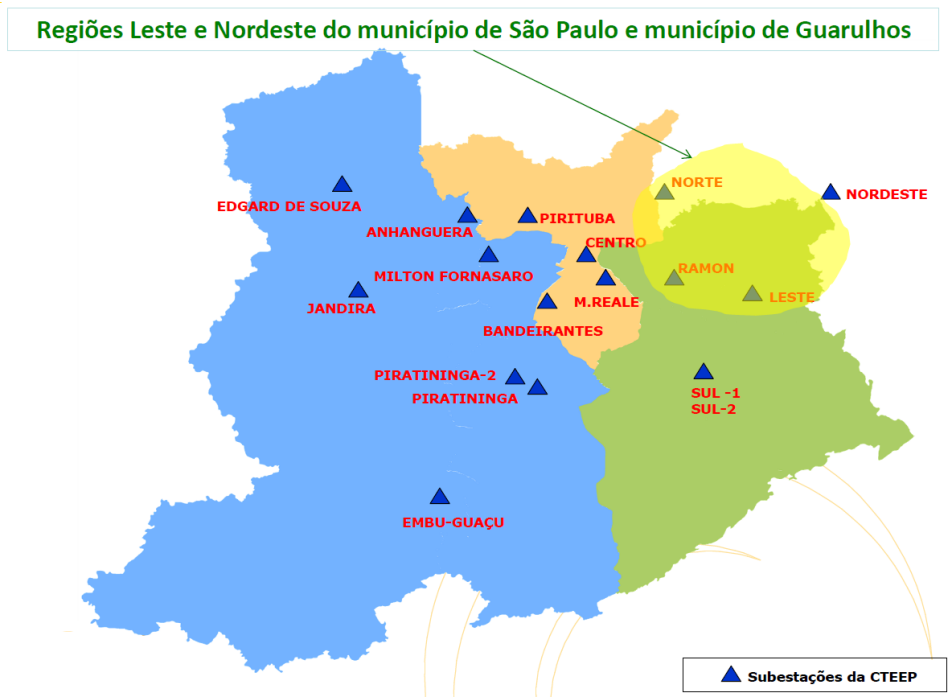


Figura 6-1 – Sub-região Leste e Nordeste da Capital e Guarulhos

Observando a rede de 88 kV da ENEL SP que atende às cargas dessa sub-região, Figura 6-2, nota-se um ponto elétrico potencialmente interessante para a implantação de um novo ponto de suprimento em 345/88 kV.

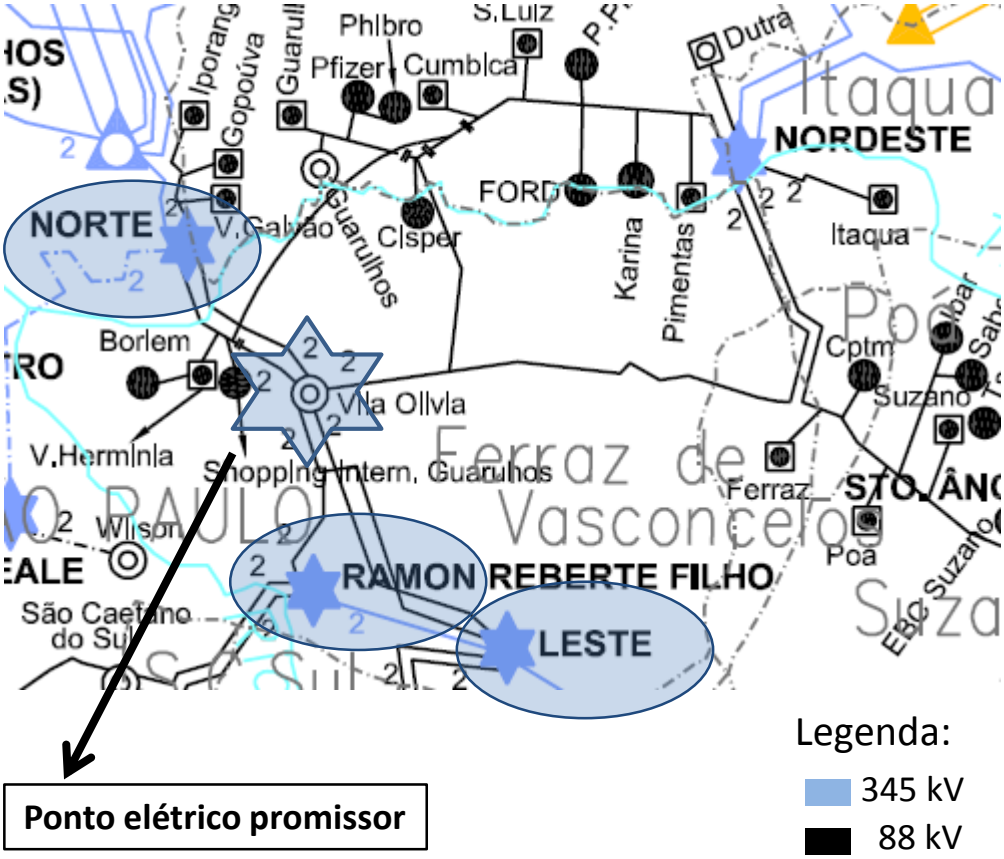


Figura 6-2 – Ponto elétrico promissor da sub-região 1

Este ponto elétrico identificado trata-se da ECH Vila Olívia 88 kV, de propriedade da ENEL SP, que é uma estação de chaveamento através da qual passam importantes ramais oriundos das principais fontes de suprimento da sub-região analisada. Identificou-se que uma nova subestação de fronteira localizada nas proximidades desse ponto elétrico seria capaz aliviar de forma significativa o carregamento das transformações 345/88 kV de Norte, Ramon e Leste.

A ECH Vila Olívia está localizada na Zona Leste da Capital, em região predominantemente residencial, densamente urbanizada. A partir de imagens por satélite e inspeções locais, foram identificados dois locais próximos à ECH Vila Olívia, cujas dimensões de terreno são compatíveis com a de uma subestação compacta com as especificações desejadas.

O primeiro local identificado encontra-se a cerca de 850 m da ECH Vila Olívia, Figura 6-3, e será doravante denominado SE São Miguel. O segundo local encontra-se a cerca de 3 km dessa mesma ECH, Figura 6-4, e será doravante denominado SE Ayrton Senna.



Figura 6-3 – Localização da SE São Miguel



Figura 6-4 – Localização da SE Ayrton Senna

Para fim de comparação econômica entre a SE São Miguel e a SE Ayrton Senna, considerou-se que ambas as subestações devem ter o mesmo porte, com a mesma capacidade de alívio de carga das subestações existentes. Com esse objetivo, a ENEL SP realizou um levantamento das obras de distribuição associadas a cada um dos novos pontos e seus respectivos custos.

- **SE São Miguel**

O terreno previsto para a SE São Miguel encontra-se ao lado da ETR/EOC Buenos Aires 88 kV, o que facilita a conexão do setor de 88 kV da nova subestação com a rede existente da ENEL SP. A Figura 6-5 e a Figura 6-6 mostram de forma detalhada a conexão do sistema 88 kV.



Figura 6-5 – SE São Miguel - Localização da GIS e conexão com 88 kV

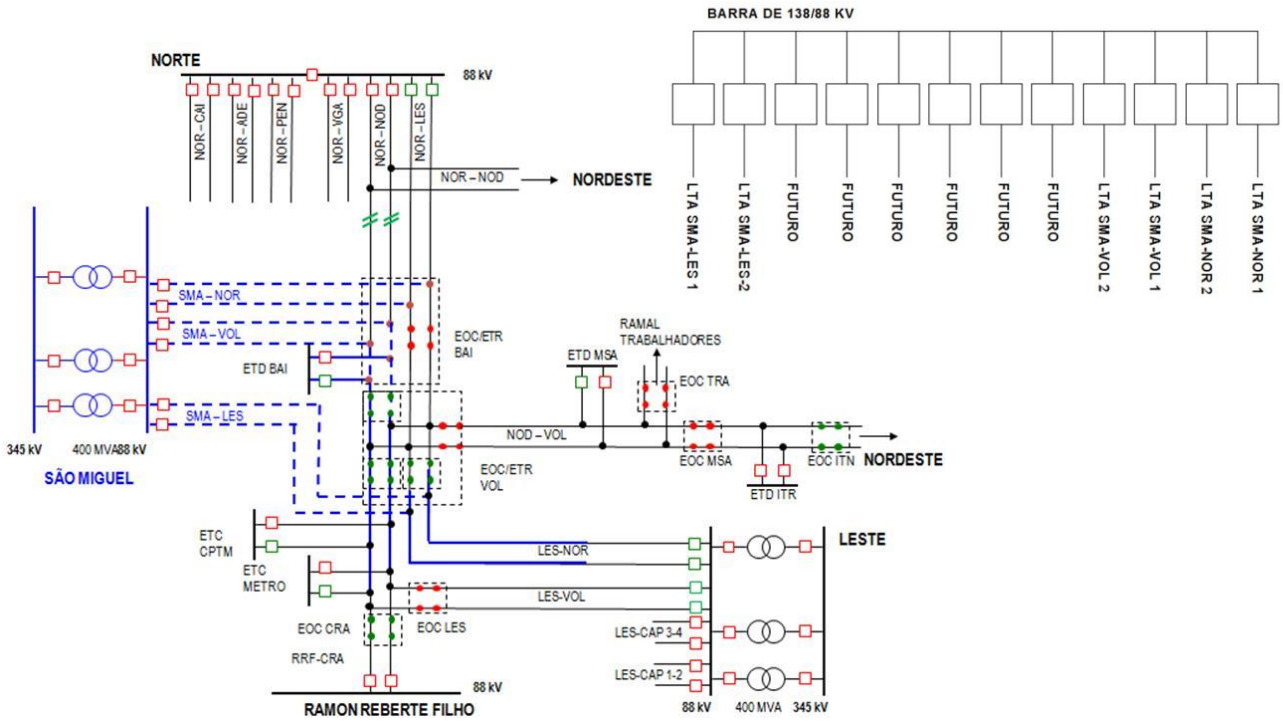


Figura 6-6 – SE São Miguel – Diagrama conexão com rede 88 kV existente

As obras de responsabilidade da ENEL SP necessárias para a conexão da nova subestação São Miguel com a rede 88 kV são descritas a seguir:

- Construção da ETR/EOC BAI com substituição das chaves S&C MARK V para 2.000 A;
- Re-siglagem do RAE VOL 1-2 para LTA SMA-VOL 1-2 desde a ETR/EOC VOL até torre 29C – Jumper aberto;
- Construção da LTS SMA-VOL 1-2 da ETR BAI até ETR/EOC VOL;
- Construção da LTS SMA-LES 1-2 da ETR BAI até ETR/EOC VOL;
- Reconstrução da LTA LES-NOR 1-2 desde a EOC/ETR VOL até Torre 16 (~9 km) em 2x636 MCM;
- Reconstrução da LTA LES-VOL 1-2 desde a EOC/ETR VOL até Torre 58 (~2,5 km) em 2x636 MCM e re-siglagem para LTA SMA-VOL 1-2; e
- Substituição das chaves S&C MARK V para 2.000 A – 145 kV.

A tabela a seguir apresenta o investimento total previsto para essas obras.

Tabela 6-1 – Investimentos obras de conexão 88 kV – SE São Miguel

ALTERNATIVA 2 - SE SÃO MIGUEL			
OBRAS	MATERIAL	SERVIÇOS	TOTAL
CONEXÕES DEFINITIVAS	93.892.059,06	50.349.320,64	144.241.379,70

- **SE Ayrton Senna**

O terreno previsto para a SE Ayrton Senna possui dimensões superiores ao da SE São Miguel, no entanto, encontra-se mais distante da ECH Vila Olívia. A Figura 6-7 e a Figura 6-8 mostram de forma detalhada a conexão do sistema 88 kV.



Figura 6-7 – SE Ayrton Senna - Localização da GIS e conexão com 88 kV

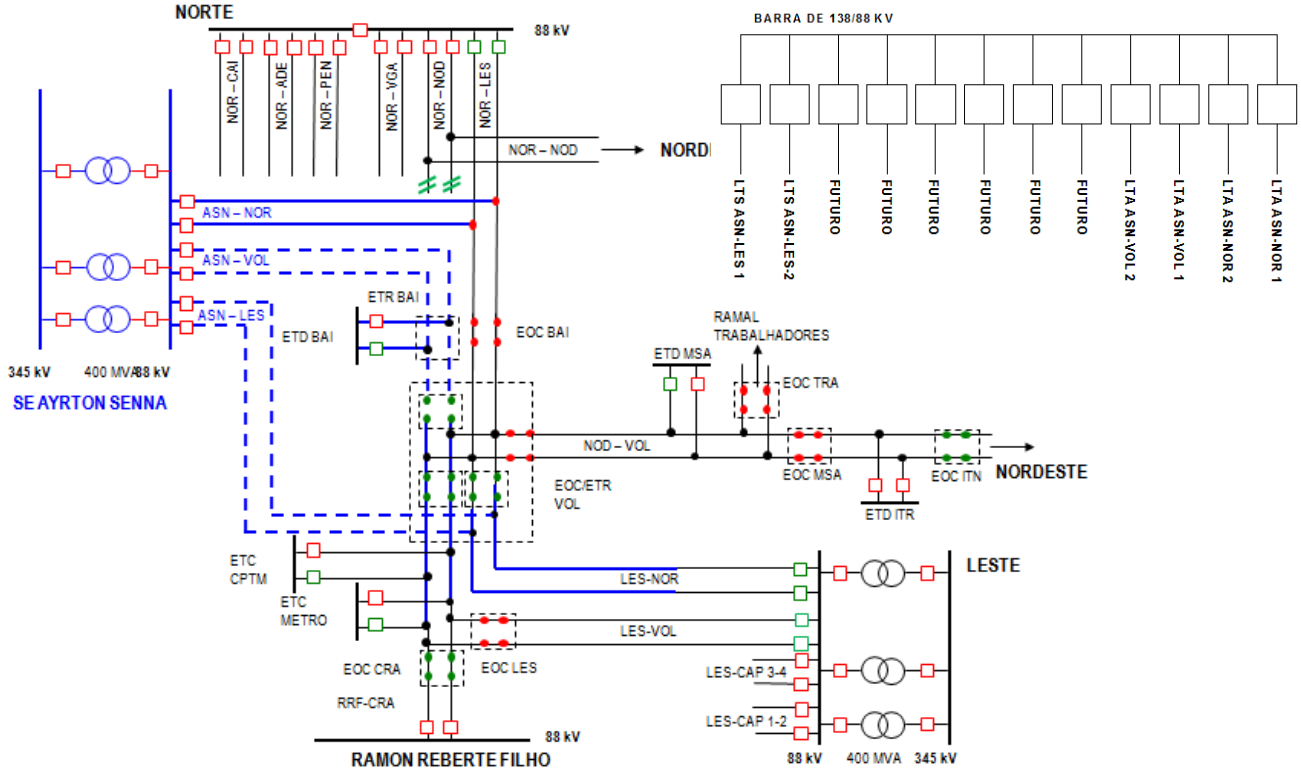


Figura 6-8 – SE Ayrton Senna – Diagrama conexão com rede 88 kV existente

As obras de responsabilidade da ENEL SP necessárias para a conexão da nova subestação Ayrton Senna com a rede 88 kV são descritas a seguir:

- Substituição das chaves S&C MARK V para 2.000 A – 145 kV
- Construção da LT ASN VOL 1-2 na faixa existente ate EOC VOL, com desmontagem do atual RAE VOL 1-2 até jumper aberto;
- Construção da LT ASN LES 1-2 pelas vias públicas da região
- Construção da ETR BAI para conexão da ETD BAI na LTS ASN-VOL 1-2;
- Construção de torres de transição na EOC/ETR VOL para conexão da LTS ASN-VOL 1-2 e LTS ASN-LES 1-2;
- Reconstrução da LTA LES-NOR 1-2 desde a EOC/ETR VOL até Torre 16 (~9 km) em 2x636 MCM;
- Reconstrução da LTA LES-NOR 1-2 desde a EOC/ETR VOL até Torre 16 (~9 km) em 2x636 MCM

A tabela a seguir apresenta o investimento total previsto para essas obras.

Tabela 6-2 – Investimentos obras de conexão 88 kV – SE Ayrton Senna

ALTERNATIVA 3 - SE AYRTON SENNA			
OBRAS	MATERIAL	SERVIÇOS	TOTAL
CONEXÕES DEFINITIVAS AO SISTEMA DA ELETROPAULO	207.283.516,72	87.288.486,26	294.572.002,98

Diante dos valores de investimentos mostrados na Tabela 6-1 e Tabela 6-2, nota-se que os investimentos referentes às obras de conexão da distribuidora na SE Ayrton Senna são praticamente o dobro do previsto para a conexão na SE São Miguel, Tabela 6-3.

Tabela 6-3 – Comparação Investimentos – SE São Miguel x SE Ayrton Senna

Alternativa	Investimento Total (R$)	Diferença
SE São Miguel	144.241.379,70	100,0 %
SE Ayrton Senna	294.572.002,98	204,2 %

Considerando que os investimentos referentes às obras de Rede Básica serão semelhantes, visto que o porte de ambas as subestações é o mesmo e o comprimento total das linhas de transmissão subterrâneas em 345 kV não se altera, recomenda-se a SE São Miguel como referência para o novo ponto de suprimento da sub-região 1, que atenderá à Zona Leste da capital.

6.1.2 Região Sul da Capital e Grande ABC (sub-região 2)

Esta sub-região tem como principal fonte de suprimento a SE Sul 345/88 kV, conforme pode ser visto na Figura 6-9.



Figura 6-9 – Sub-região Sul da Capital e Grande ABC

Conforme pode ser visto na Figura 6-10, a EOC São Caetano do Sul é um ponto onde existem passagens e cruzamentos de linhas de subtransmissão da ENEL SP supridas pela SE Ramon e pela SE Sul, o que a torna um ponto elétrico potencialmente interessante para a implantação de um novo ponto de suprimento em 345/88 kV.

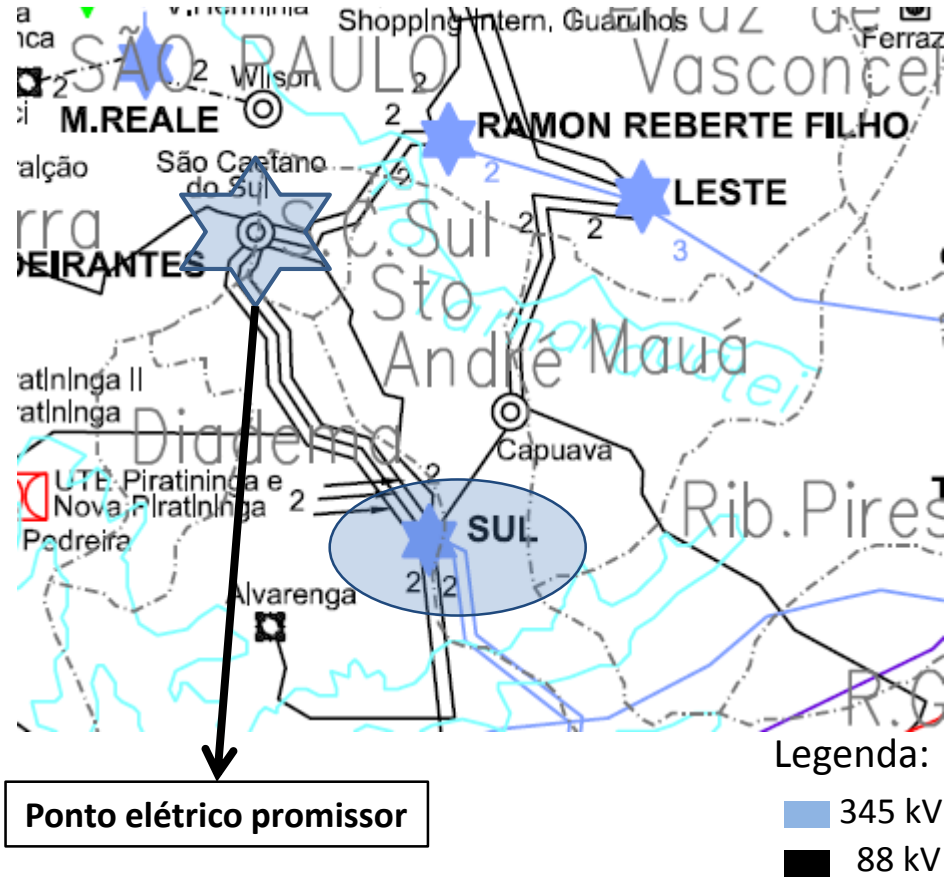


Figura 6-10 – Ponto elétrico promissor da sub-região 2

Identificou-se que uma nova subestação de fronteira localizada nas proximidades desse ponto elétrico seria capaz aliviar de forma significativa o carregamento da transformação 345/88 kV da SE Sul e, em menor proporção, a SE Miguel Reale.

Para esta região, foi estudada uma nova fonte no município de São Caetano, nas proximidades da EOC São Caetano, de propriedade da ENEL SP. Diferentemente da sub-região 1, essa área, por ser predominantemente industrializada, possui maior disponibilidade de terrenos.

Devido à maior disponibilidade de terrenos, não se mostrou necessária a comparação de alternativas de conexão pela rede de distribuição, optando-se pelo terreno mais próximo à EOC São Caetano, situado ao lado da subestação ETC CPTM São Caetano, Figura 6-11.



Figura 6-11 – SE São Caetano do Sul – Localização

A partir dessa localização definida para a SE São Caetano do Sul, a ENEL SP realizou um levantamento das obras de distribuição associadas e seus respectivos custos. A Figura 6-12 e a Figura 6-13 mostram de forma detalhada a conexão do sistema 88 kV.



Figura 6-12 – SE São Caetano - Localização da GIS e conexão com 88 kV

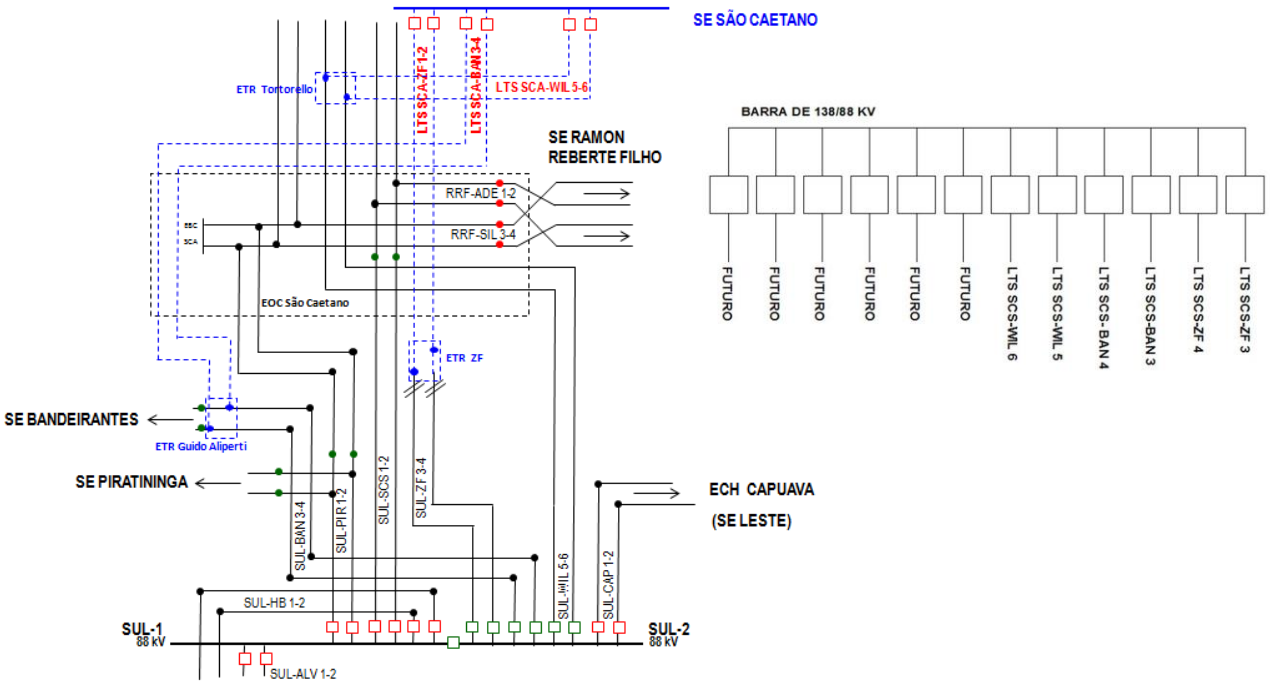


Figura 6-13 – SE São Caetano – Diagrama conexão com rede 88 kV existente

As obras de responsabilidade da ENEL SP necessárias para a conexão da nova subestação São Caetano com a rede 88 kV são descritas a seguir:

- Remanejamento da LTA RRF-ADE 1-2 e RAC CTPM São Caetano 1-2;
- Construção da LTS SCS-BAN 3-4 e ETR Guido Aliberti e conexão com LTA SUL-BAN 3-4;
- Construção da LTS SCS-ZF 3-4 e ETR ZF e conexão com LTA SUL-ZF 3-4;
- Construção da LTS SCS-WIL 5-6 e ETR Tortorello e conexão com LTA SUL-WIL 5-6;
- Construção da ETR ZF com 02 disjuntores de 145 kV – 2.000 A;
- Construção da ETR Guido Aliberti com 02 disjuntores de 145 kV – 2.000 A;
- Construção da ETR Tortorello com 02 disjuntores de 145 kV – 2.000 A; e
- Construção da EOC Wilson com instalação de uma torre de chaves e 02 chaves interruptoras Mark V de 2.000 A entre a torre 153 da LTA SUL-WIL 5-6 e conexão com a SE São Caetano

A tabela a seguir apresenta o investimento total previsto para essas obras.

Tabela 6-4 – Investimentos obras de conexão 88 kV – SE São Caertano

SE SÃO CAETANO			
OBRAS	MATERIAL	SERVIÇOS	TOTAL
REMOÇÃO E RECONSTRUÇÃO DO RAC CPTM SÃO CAETANO	188.122,00	827.515,48	1.015.637,48
CONEXÕES DEFINITIVAS AO SISTEMA DA ELETROPAULO	47.883.688,60	26.193.537,38	74.077.225,98



Figura 6-14 – Terrenos próximos à EOC São Caetano do Sul

Cabe ressaltar que apesar da maior disponibilidade de terrenos na região, as dimensões não são compatíveis com subestações convencionais, sendo, portanto, necessária a utilização de subestação compacta.

Portanto, para atendimento à sub-região 2, a EOC São Caetano do Sul 88 kV será considerada como o ponto elétrico de referência.

6.1.3 Considerações

Finalizada a etapa de definição dos novos pontos de suprimento para as sub-regiões estudadas, a Figura 6-15 ilustra, de forma simplificada, os pontos selecionados para a implantação de duas novas subestações de fronteira em 345/88 kV.

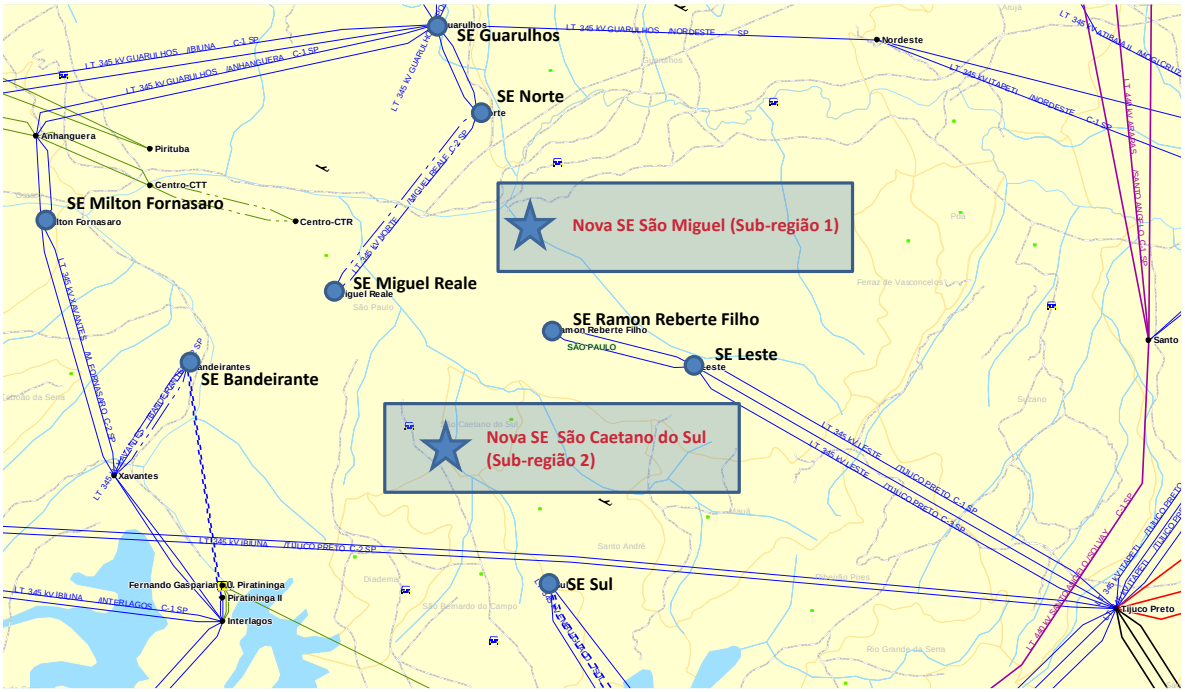


Figura 6-15 – Pontos selecionados para novas subestações 345/88 kV

Com relação às obras de Rede Básica de Fronteira, as subestações São Miguel e São Caetano deverão ser configuradas conforme a Figura 6-16 e a Figura 6-17.

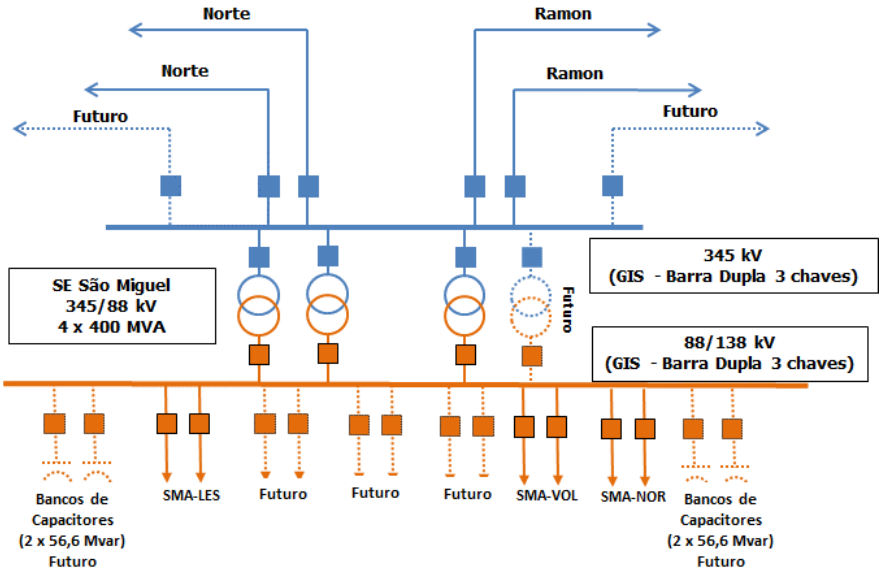


Figura 6-16 – SE Configuração Final – SE São Miguel

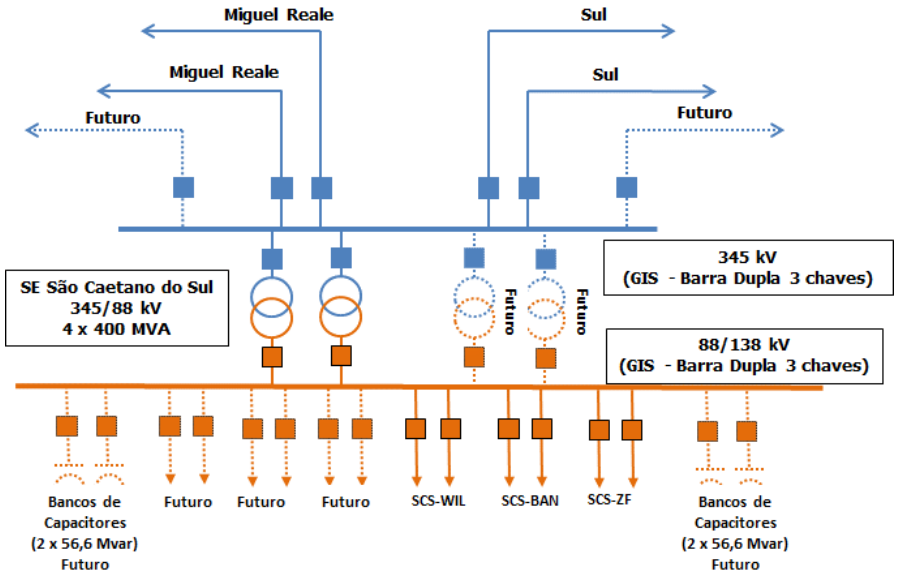


Figura 6-17 – SE Configuração Final – SE São Caetano do Sul

Considerando as obras de distribuição definidas nos itens 6.1.1 e 6.1.2, a Tabela 6-5 apresenta os montantes de carga a serem remanejados entre as subestações existentes e as novas subestações. Como referência, a data considerada como factível para entrada em operação das novas subestações de fronteira é o ano de 2026.

Tabela 6-5 - Remanejamentos de carga a partir de 2026

DES Mês/Ano	Origem	Destino	PESADA		MEDIA		LEVE	
	SE	SE	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
jan/19	CTR	NOR-2	28,9	7,4	41,6	15,2	17,8	7,7
jan/19	RRF	NOR-2	6,2	2,0	6,6	2,2	5,7	2,4
jun/22	SUL-2	MRE	108,3	41,2	107,3	42,9	55,0	15,8
jun/24	SUL-2	MRE	45,8	18,8	42,8	19,8	23,1	10,2
jun/24	BAN	MRE	53,3	25,6	52,2	24,7	23,2	14,3
jun/26	BAN	MRE	107,5	45,3	125,3	56,6	52,1	16,4
jun/26	SUL-2	SCS	288,9	92,6	283,5	107,9	158,9	48,3
jun/26	MRE	SCS	54,6	23,5	56,6	25,0	36,0	16,1
jun/26	LES	SMI	204,4	84,7	177,7	101,5	97,3	49,6
jun/26	NOR-1	SMI	282,7	125,9	251,0	115,9	147,5	55,2
jun/26	RRF	SMI	118,4	35,6	106,8	38,0	52,3	18,0

Uma vez selecionados os pontos elétricos de referência para a implantação das novas subestações e os montantes de carga envolvidos, tem-se o início da etapa a seguir, onde são definidas as novas linhas de transmissão para o fechamento do anel 345 kV.

6.2 Definição das Novas Linhas de Transmissão em 345 kV

Esta etapa define o conjunto de novas linhas de transmissão que possibilitarão a interligação dessas subestações com o sistema existente, tendo em vista o menor investimento possível (menor extensão) e, também, a eliminação dos corredores radiais existentes.

Inicialmente, foram testadas inúmeras combinações de fechamento do anel do sistema 345 kV, onde selecionou-se apenas aquelas que apresentaram o melhor desempenho elétrico, com adequada distribuição de fluxo no sistema. A Figura 6-18 ilustra as novas LT subterrâneas, em 345 kV, que foram simuladas.

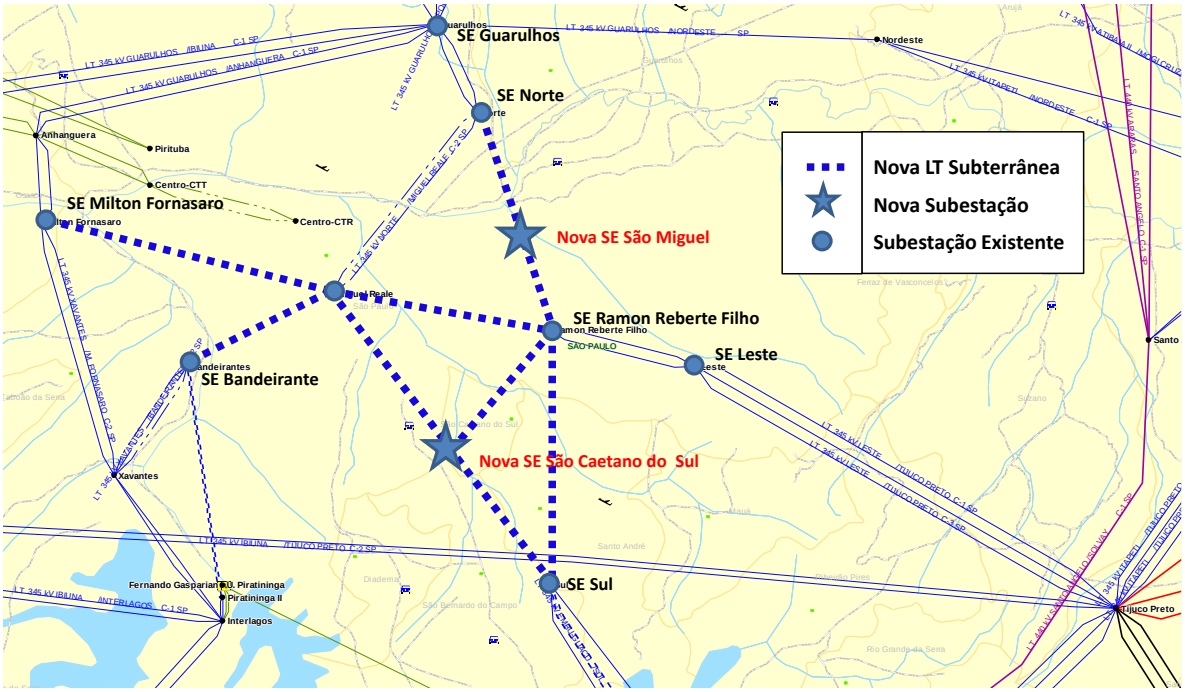


Figura 6-18 – Novas LT 345 kV subterrâneas analisadas

De todas as combinações testadas, identificou-se que as ligações Miguel Reale – Milton Fornasaro, Miguel Reale – Bandeirante e Ramon Reberte Filho – Sul não se mostraram efetivas, provocando, inclusive, problemas de carregamento em linhas que antes não apresentavam problemas em contingências. A Figura 6-19 ilustra as novas linhas de transmissão mais promissoras do ponto de vista de desempenho elétrico.

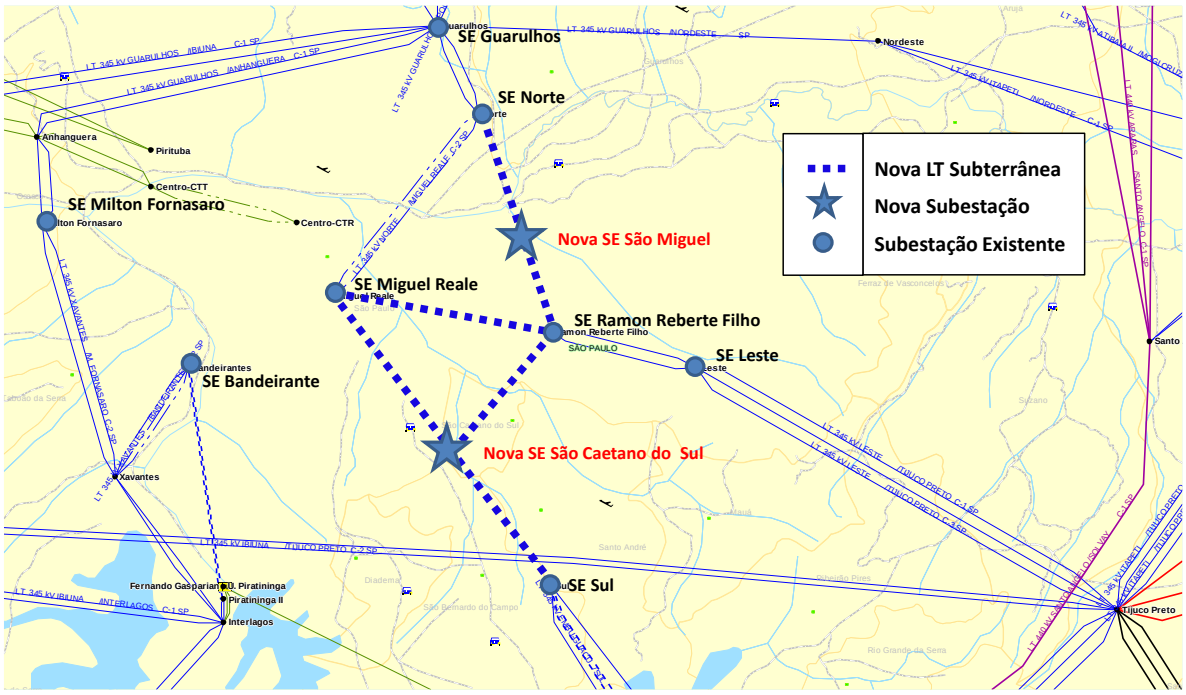


Figura 6-19 – Novas LT 345 kV subterrâneas de melhor desempenho elétrico

Portanto, a partir da configuração apresentada na Figura 6-19, foram avaliados os seguintes aspectos:

- Desempenho em contingência dupla (N-2); e
- Menor custo.

Com o objetivo de minimizar os investimentos necessários com a implantação de novas linhas subterrâneas em 345 kV, testou-se quais linhas poderiam ser retiradas da configuração apresentada na Figura 6-19, com o compromisso de que todas as subestações de fronteira fossem alimentadas por, no mínimo, duas fontes de suprimento. Com isso, chegou-se a duas possíveis configurações (A e B), conforme pode ser visto nas figuras a seguir.

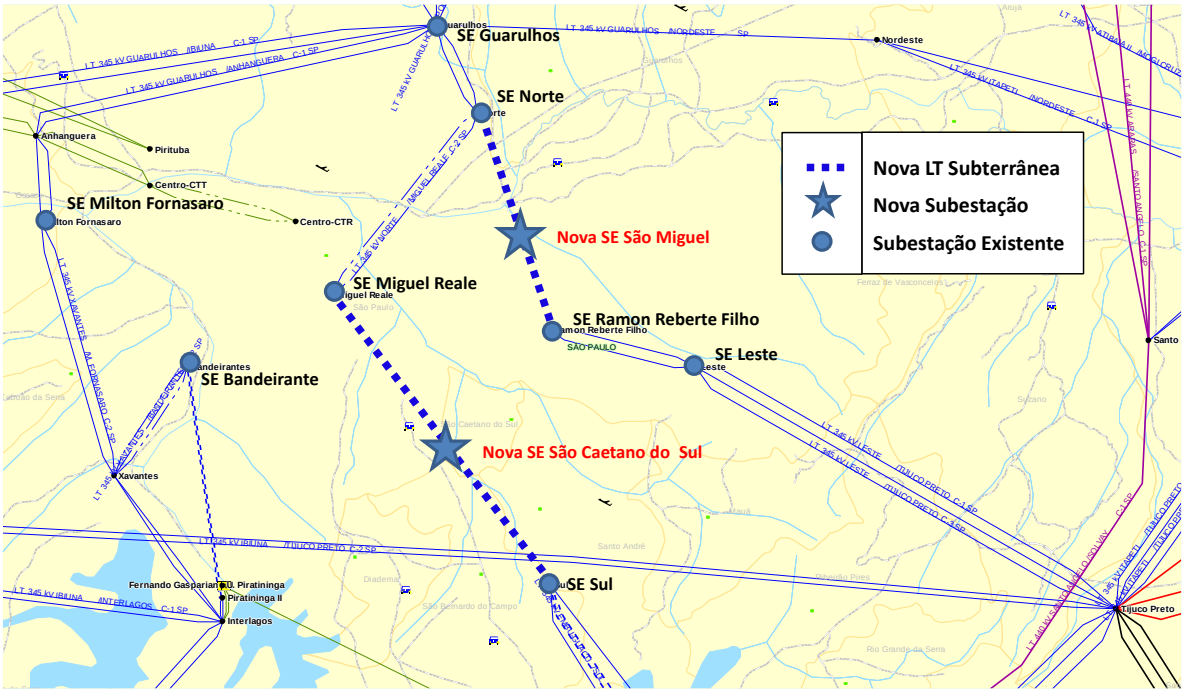


Figura 6-20 – Novas LT 345 kV subterrâneas – Configuração A

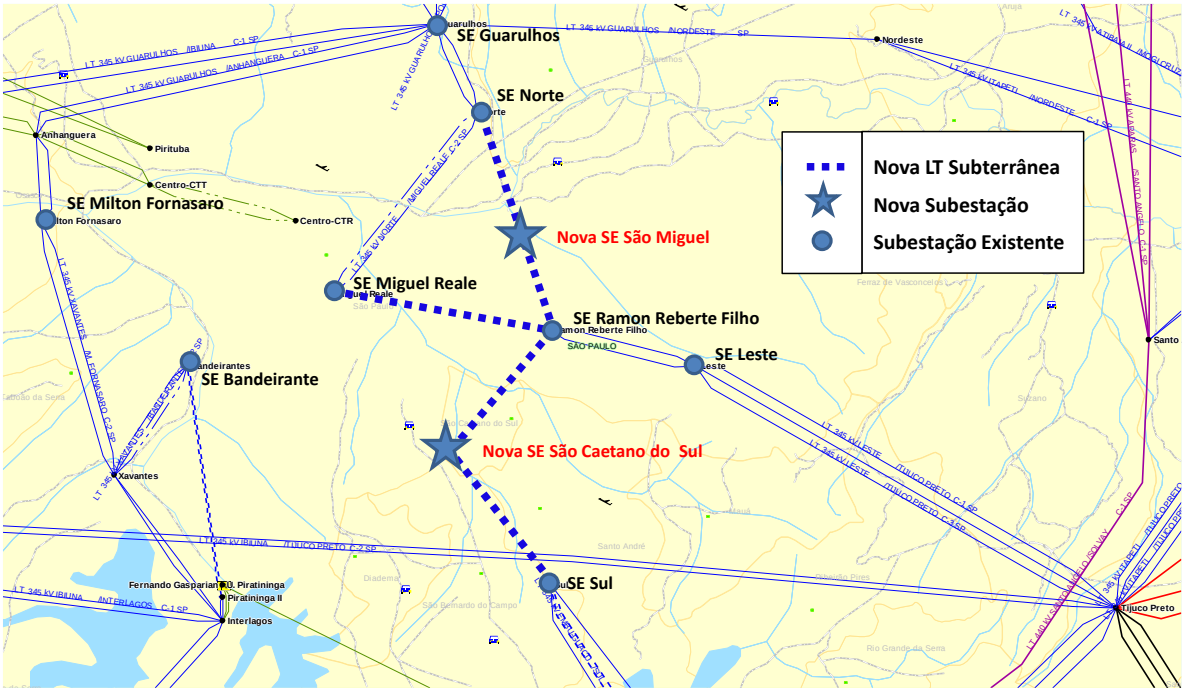


Figura 6-21 – Novas LT 345 kV subterrâneas – Configuração B

Ambas as configurações apresentam desempenho semelhante, atendendo aos requisitos estabelecidos nas premissas do estudo.

A Tabela 6-6 apresenta as extensões estimadas para cada nova LT, bem como a extensão total de novas LT em cada configuração.

Tabela 6-6 – Extensões estimadas para as novas linhas subterrâneas

LT		km
1	LT Norte – São Miguel C1 e C2	8,1
2	LT São Miguel – Ramon C1 e C2	9,1
3	LT Ramon – São Caetano do Sul C1 e C2	7,0
4	LT São Caetano do Sul – Sul C1 e C2	14,1
5	LT Miguel Reale - São Caetano do Sul C1 e C2	7,8
6	LT Norte - Miguel Reale C3 e C4	14,5
7	LT Miguel Reale – Ramon C1 e C2	11,0
Configuração		**km**
A (1+2+4+5+6)		53,6
B (1+2+3+4+6+7)		63,8

Conforme pode ser visto, a Configuração A totaliza 53,6 km de novas LT subterrâneas em 345 kV, o que corresponde a 10,2 km de LT a menos com relação à Configuração B.

Considerando o custo global (investimentos + perdas elétricas), a Configuração A é a alternativa mais econômica, sendo, portanto, a recomendação do presente estudo. O Capítulo 8 apresenta detalhadamente a comparação econômica entre as alternativas "Configuração A" e "Configuração B".

6.3 Especificações Básicas das Linhas de Transmissão Subterrâneas

Neste capítulo são apresentadas análises preliminares de dimensionamento visando a definir as especificações básicas das Linhas de Transmissão (LT) subterrâneas listadas abaixo:

- LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul, C1 e C2
- LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul, C1 e C2
- LT 345 kV Norte – São Miguel, C1 e C2
- LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho, C1 e C2

Os resultados obtidos nas análises foram extraídos diretamente do programa CYMCAP, desenvolvido pela CYME [1].

Com relação à LT 345 kV Norte – Miguel Reale, C3 e C4, recomenda-se que os parâmetros elétricos sejam equivalentes aos dos dois circuitos existentes, de forma a distribuir uniformemente os fluxos de potência entre os quatro circuitos. Além disso, devem ser mantidas as mesmas capacidades operativas de 400 MVA em condição normal e 450 MVA em condição de contingência simples de

circuito subterrâneo paralelo, conforme consta no Contrato de Prestação de Serviço de Transmissão (CPST) da LT 345 kV Norte – Miguel Reale C1 e C2. Nos trechos onde possa haver aquecimento mútuo em decorrência da proximidade com os circuitos existentes, deve-se avaliar, sobretudo, a necessidade de ventilação forçada no trecho em que essa linha será implantada em túnel, de forma a manter as capacidades operativas destes circuitos.

Assim, será necessária a realização de estudo para levantar a carga térmica atual e simulação da carga térmica com o acréscimo de dois circuitos, todos na pior condição de carregamento. A partir do resultado do estudo, será possível definir a necessidade de implantação de sistema de refrigeração. Cabe ressaltar que este estudo terá influência inclusive no dimensionamento do condutor utilizado.

6.3.1 Dados e Premissas

Na Tabela 6-7 estão apresentados os principais parâmetros ambientais considerados. Os dimensionamentos realizados levaram em consideração a média aritmética das temperaturas médias máximas do ar verificadas mensalmente na estação de medição localizada em Guarulhos/SP [2]. Visando o dimensionamento dos condutores, esse valor pode ser considerado adequado para a temperatura do solo porque tende a ser maior que a temperatura média do solo na profundidade em que os cabos se encontram enterrados.

Tabela 6-7 - Dados do ambiente

Temperatura do solo [°C]	Resistividade térmica do solo [°C.m/W]	Resistividade térmica do *backfill* [°C.m/W]
26,3	1,2	1,0

Com o objetivo de dimensionar as linhas para as condições de carga mais severas, foram estimadas, para cada LT, as distribuições de carga que apresentassem os maiores fluxos nos circuitos. A Tabela 6-8 a seguir apresenta as distribuições de carga utilizadas.

Tabela 6-8 – Distribuição das cargas para dimensionamento das linhas subterrâneas

Linha	Configuração	Norte (5 x 400/480 MVA)	Miguel Reale (3 x 400/480 MVA + 2 x 135/162 MVA)	São Caetano do Sul (3 x 400/480 MVA)	Sul (4 x 400/480 MVA)	São Miguel (3 x 400/480 MVA)	Ramon Reberte FIlho (3 x 400/422 MVA)	Leste (3 x 400/480 MVA)
LT 345 kV Norte - Miguel Reale, C3 e C4	AL 1600 mm² CD Horizontal	70%	90%	100%	60%	70%	70%	70%
LT 345 kV Miguel Reale - São Caetano do Sul, C1 e C2	AL 1600 mm² CD Horizontal	100%	100%	40%	50%	90%	90%	70%
LT 345 kV São Caetano do Sul - Sul, C1 e C2	AL 2500 mm² CD Horizontal	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
LT 345 kV Norte - São Miguel, C1 e C2	AL 2000 mm² CD Horizontal	70%	70%	70%	70%	100%	100%	90%
LT 345 kV São Miguel - Ramon Reberte Filho, C1 e C2	AL 1600 mm² CD Horizontal	90%	90%	70%	70%	100%	70%	70%

*Porcentagem da capacidade firme, considerando reserva quente.

A Tabela 6-9 apresenta os carregamentos máximos verificados nos estudos de fluxo de potência em condição normal de operação (N), em contingência simples (N-1) e contingência dupla (N-2), além do fator de carga em condição normal.

Tabela 6-9 - Dados do sistema – Fluxos máximos observados para diferentes condições de operação

Linha	Fluxo em N(1) [MVA]	Fator de carga em N(2)	Fluxo em N-1(1) [MVA]	Fluxo em N-2(1) [MVA]
LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul, C1 e C2	344	0,85	604(3)	942(4)
LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul, C1 e C2	520	0,85	857(3)	1189(4)
LT 345 kV Norte – São Miguel, C1 e C2	401	0,85	749(3)	960(4)
LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho, C1 e C2	340	0,80	609(3)	907(4)

(1) Fluxos verificados a tensão nominal.
(2) Fator de carga para a condição normal. Na condição de contingência o fator de carga considerado é unitário.
(3) Fluxo resultante da contingência de elemento instalado no mesmo local (vala, túnel etc).
(4) Fluxo resultante da contingência de elemento instalado em local distinto dos cabos.

Para todas as LT adotou-se uma configuração de instalação com dois circuitos dispostos horizontalmente. Na Figura 6-24 consta uma representação esquemática dessa configuração com as dimensões finais, na qual está representada a disposição geométrica dos cabos condutores e do *backfill*. Além disso, considerou-se cabos diretamente enterrados com material isolante tipo XLPE e sistema de aterramento *cross-bonding*.

6.3.2 Critérios Para Definição das Capacidades de Corrente

A solução de referência deve ser tal que os cabos isolados [3]:

i. Não atinjam uma temperatura maior que 90 °C em condição normal de operação e por um período de tempo indeterminado, considerando que eles possam transmitir, em regime cíclico dado o fator de carga, o carregamento máximo verificado nos estudos de fluxo de potência.

ii. Não atinjam uma temperatura maior que 90 °C em condição de contingência simples no sistema e por um período de 96 horas, considerando que eles possam transmitir continuamente o carregamento máximo verificado nos estudos de fluxo de potência. Neste caso o fator de carga a ser considerado é unitário. Além disso, deve-se adotar como condição inicial a máxima temperatura obtida no item i.

iii. Não atinjam uma temperatura maior que 90 °C em condição de contingência dupla no sistema e por um período de 4 horas, considerando que eles possam transmitir continuamente o carregamento máximo verificado nos estudos de fluxo de potência. Neste caso o fator de carga a ser considerado é unitário. Além disso, deve-se adotar como condição inicial a máxima temperatura obtida no item i.

iv. Possam operar em toda a faixa de tensão estabelecida no submódulo 23.3 dos procedimentos de rede do ONS.

Ainda cumpre ressaltar que ciclos de sobrecarga subsequentes, decorrentes de contingência no sistema, devem respeitar o tempo necessário para que os cabos alcancem temperaturas iguais ou inferiores à máxima temperatura obtida no item i.

6.3.3 Simulações e Dimensionamento

6.3.3.1 Seleção das seções dos cabos

Com base nos dados, premissas e critérios apresentados, foram realizadas simulações com cabos distintos e os resultados estão dispostos na Tabela 6-10. Estes cabos são os de menor bitola que atendem aos critérios e, portanto, serão recomendados para a solução de referência de cada LT em questão.

Tabela 6-10 - Temperaturas para diferentes cabos e condições de operação

Linha	Cabo	Temperatura [°C]		
		N	N-1 (96 h)	N-2 (4 h)
LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul, C1 e C2	Al 1600 mm²	48	65	80
LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul, C1 e C2	Al 2500 mm²	58	80	85
LT 345 kV Norte – São Miguel, C1 e C2	Al 1600 mm²	54	83	85
LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho, C1 e C2	Al 1600 mm²	47	64	74

6.3.3.2 Definição das capacidades operativas

Visando a especificar as capacidades operativas das LT, nesta seção são apresentados os resultados de simulações realizadas com os cabos selecionados. Neste caso essas capacidades foram definidas visando a utilizar a máxima ampacidade possível em regime normal de operação, respeitando-se os dados, premissas e critérios definidos bem como os fluxos verificados na Tabela 6-9. Os resultados estão apresentados na Tabela 6-11.

Tabela 6-11 - Capacidades operativas definidas para as LT

Linha	Cabo	Capacidade em N [A]	Fator de carga em N(1)	Capacidade em N-1 [A]	Capacidade em N-2 [A]
LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul, C1 e C2	Al 1600 mm²	742	0,85	1254(2)	1606(3)
LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul, C1 e C2	Al 2500 mm²	910	0,85	1438(2)	2038(3)
LT 345 kV Norte – São Miguel, C1 e C2	Al 1600 mm²	742	0,85	1254(2)	1606(3)
LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho, C1 e C2	Al 1600 mm²	742	0,85	1254(2)	1606(3)

(1) Fator de carga para a condição normal. Na condição de contingência o fator de carga considerado é unitário.
(2) Corrente resultante da contingência de elemento instalado no mesmo local (vala, túnel etc).
(3) Corrente resultante da contingência de elemento instalado em local distinto dos cabos.

A Figura 6-22 foi obtida a partir da aplicação de um degrau de carga na contingência de um dos circuitos (à esquerda) com carregamento 1254 A e de dois elementos do sistema de transmissão em locais distintos aos dos cabos (à direita) com carregamento 1606 A. Essas situações são limitantes e, portanto, definem as capacidades dos cabos de seção 1600 mm² segundos os critérios apresentados na Seção 6.3.2.

Adicionalmente, para a LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul, C1 e C2, a Figura 6-23 foi obtida a partir da aplicação de um degrau de carga na contingência de um dos circuitos (à esquerda) com carregamento 1438 A e de dois elementos do sistema de transmissão em locais distintos aos dos cabos (à direita) com carregamento 2038 A. Essas situações são limitantes e, portanto, definem as capacidades dos cabos de seção 2500 mm² segundos os critérios apresentados na Seção 6.3.2.

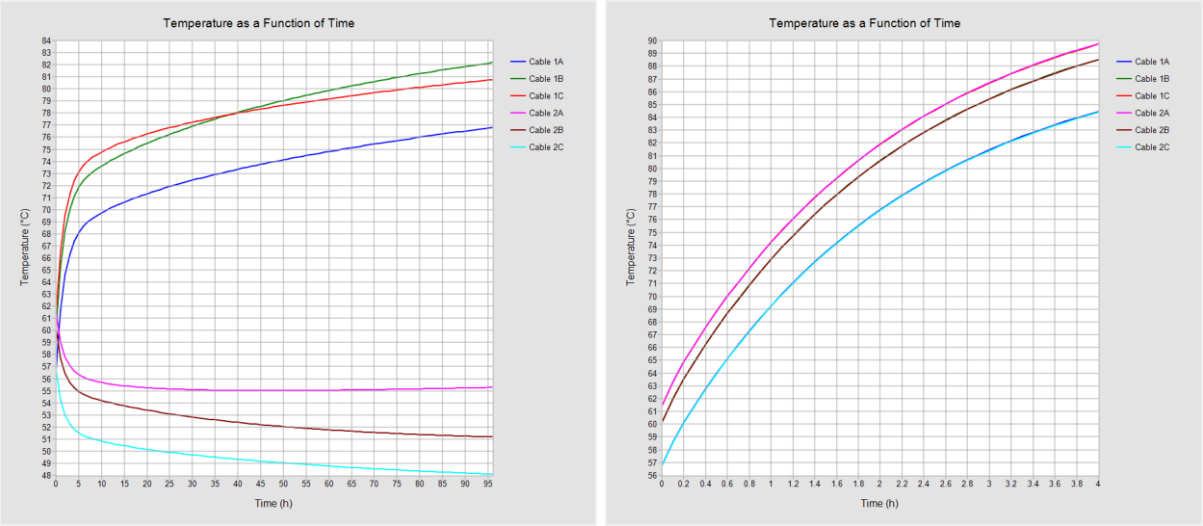


Figura 6-22 - Temperatura dos cabos das LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul, C1 e C2, Norte – São Miguel, C1 e C2, e São Miguel – Ramon Reberte Filho, C1 e C2, na situação de contingência de um dos circuitos (à esquerda) e de dois elementos em locais distinto

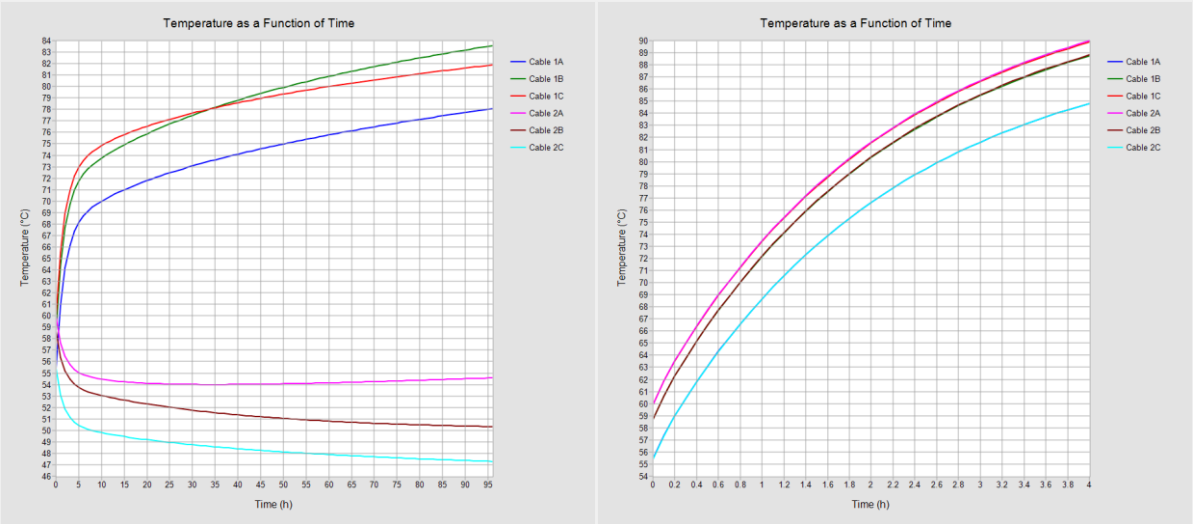


Figura 6-23 - Temperatura dos cabos da LT 345 kV São Caetano do Sul - Sul, C1 e C2, na situação de contingência de um dos circuitos (à esquerda) e de dois elementos em locais distintos (à direita)

A Figura 6-22 e a Figura 6-23 mostram a influência mútua que as fases e os circuitos exercem no comportamento térmico das LT.

A disposição dos cabos e demais premissas e critérios considerados resultam, assim, nas soluções de referência recomendadas. Os resultados de capacidade apresentados na Tabela 6-11 atendem aos fluxos e fatores de carga verificadas no estudo. Além disso, levando-se em consideração as incertezas e dificuldades de implantação de novas LT associadas à expansão futura da topologia, carga e geração, a solução fornecida se mostra robusta no atendimento à Região Metropolitana de São Paulo.

6.3.4 Características Técnicas das Soluções de Referência

6.3.4.1 Características elétricas

Tendo em vista os resultados das análises realizadas, os parâmetros elétricos e capacidades operativas estão sumarizados na Tabela 6-12, Tabela 6-13, Tabela 6-14 e Tabela 6-15.

Tabela 6-12 - Características elétricas básicas da LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul, C1 e C2

Tipo	Cabo	Capacidade por circuito(1) [MVA]			Parâmetros de sequência a 50 °C			
		Normal N	Conting. N-1	Conting. N-2	seq.	r [Ω/km]	x [Ω/km]	b [µS/km]
2 Circuitos	Alumínio 1600 mm²	443	749	960	+	0,0226	0,2424	79,05
					0	0,1087	0,0898	79,05
					mut.0	0,0027	0,0099	-

(1) Valor em MVA obtido para a tensão nominal.

Tabela 6-13 - Características elétricas básicas da LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul, C1 e C2

Tipo	Cabo	Capacidade por circuito(1) [MVA]			Parâmetros de sequência a 50 °C			
		Normal N	Conting. N-1	Conting. N-2	seq.	r [Ω/km]	x [Ω/km]	b [μS/km]
2 Circuitos	Alumínio 2500 mm²	543	858	1216	+	0,0158	0,2226	93,69
					0	0,1006	0,0804	93,69
					mut.0	0,0027	0,0099	-

(1) Valor em MVA obtido para a tensão nominal.

Tabela 6-14 - Características elétricas básicas da LT 345 kV Norte – São Miguel, C1 e C2

Tipo	Cabo	Capacidade por circuito(1) [MVA]			Parâmetros de sequência a 50 °C			
		Normal N	Conting. N-1	Conting. N-2	seq.	r [Ω/km]	x [Ω/km]	b [μS/km]
2 Circuitos	Alumínio 1600 mm²	443	749	960	+	0,0226	0,2424	79,05
					0	0,1087	0,0898	79,05
					mut.0	0,0027	0,0099	-

(1) Valor em MVA obtido para a tensão nominal.

Tabela 6-15 - Características elétricas básicas da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho, C1 e C2

Tipo	Cabo	Capacidade por circuito(1) [MVA]			Parâmetros de sequência a 50 °C			
		Normal N	Conting. N-1	Conting. N-2	seq.	r [Ω/km]	x [Ω/km]	b [μS/km]
2 Circuitos	Alumínio 1600 mm²	443	749	960	+	0,0226	0,2424	79,05
					0	0,1087	0,0898	79,05
					mut.0	0,0027	0,0099	-

(1) Valor em MVA obtido para a tensão nominal.

6.3.4.2 Características construtivas

Na Figura 6-24 está representada a disposição geométrica dos cabos condutores e backfill. Por fim, a Figura 6-25 e a Figura 6-26 apresentam os dados técnicos dos cabos recomendados para as LTs em questão.

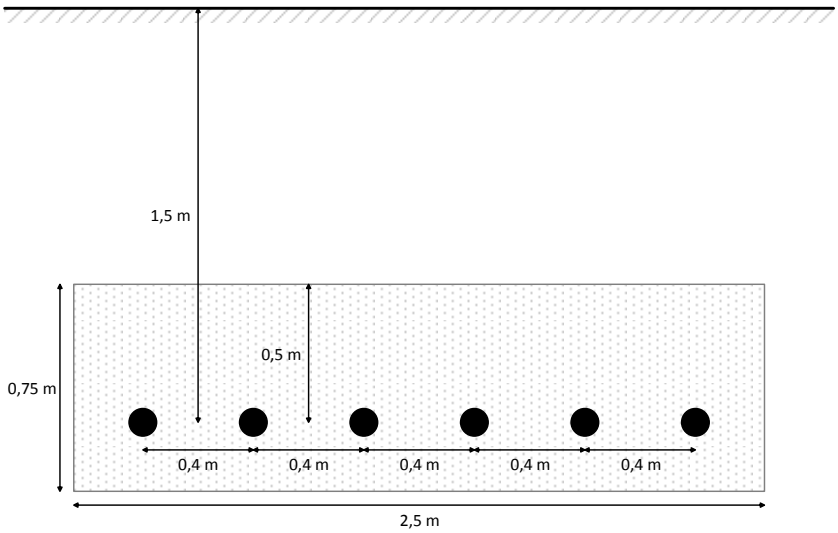


Figura 6-24 - Representação esquemática da instalação dos cabos das LT 345 kV, C1 e C2

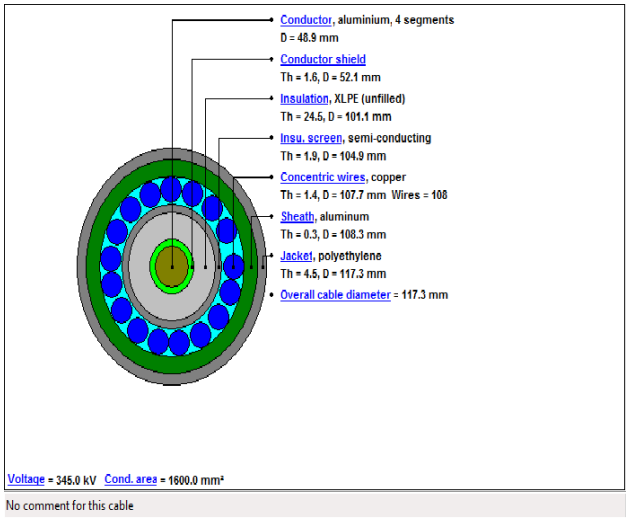


Figura 6-25 - Dados construtivos do cabo de alumínio 1600 mm2 de 345 kV

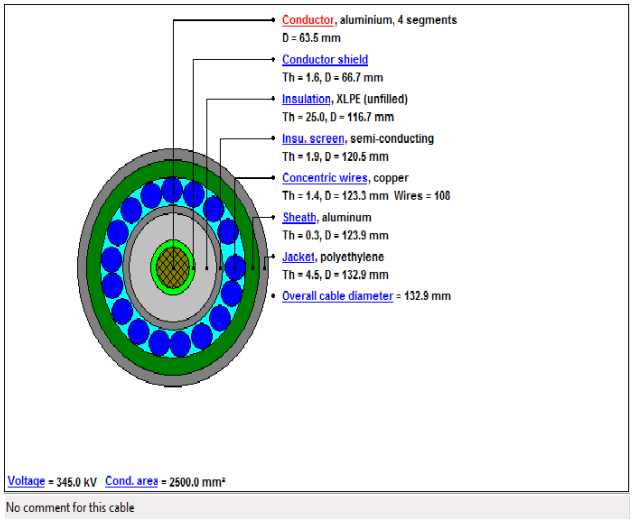


Figura 6-26 - Dados construtivos do cabo de alumínio 2500 mm2 de 345 kV

6.3.5 Referências

1. http://www.cyme.com/software/cymcap/
2. INMET. Normal Climatológico do Brasil 1981-2010: Temperatura Máxima. http://www.inmet.gov.br/portal/
3. Almeida, J. H. M., Carvalho Jr, D. S., Lima, S. F. F., Schmidt, F. e Carvalho, C. B. C. - Linhas De Transmissão Com Cabos Isolados De Alta E Extra Alta Tensão No Brasil: Uma Realidade Com Demanda Crescente – XXV SNPTEE, Novembro de 2019 (A publicar)

7 ANÁLISE DE DESEMPENHO EM REGIME PERMANENTE

Nesta seção são apresentados os resultados das análises de desempenho em regime permanente da configuração definida para o fechamento do anel 345 kV, bem como das transformações de fronteira após os remanejamentos de carga associados à entrada das novas subestações 345/88 kV São Miguel e São Caetano do Sul. A configuração analisada encontra-se ilustrada na Figura 7-1. A capacidade utilizada para os novos circuitos subterrâneos está em conformidade com o calculado no item 6.3. No caso da LT 345 kV Norte – Miguel Reale C3/C4, foi considerada a capacidade 400/450 MVA, que é a mesma dos circuitos C1/C2 existentes.

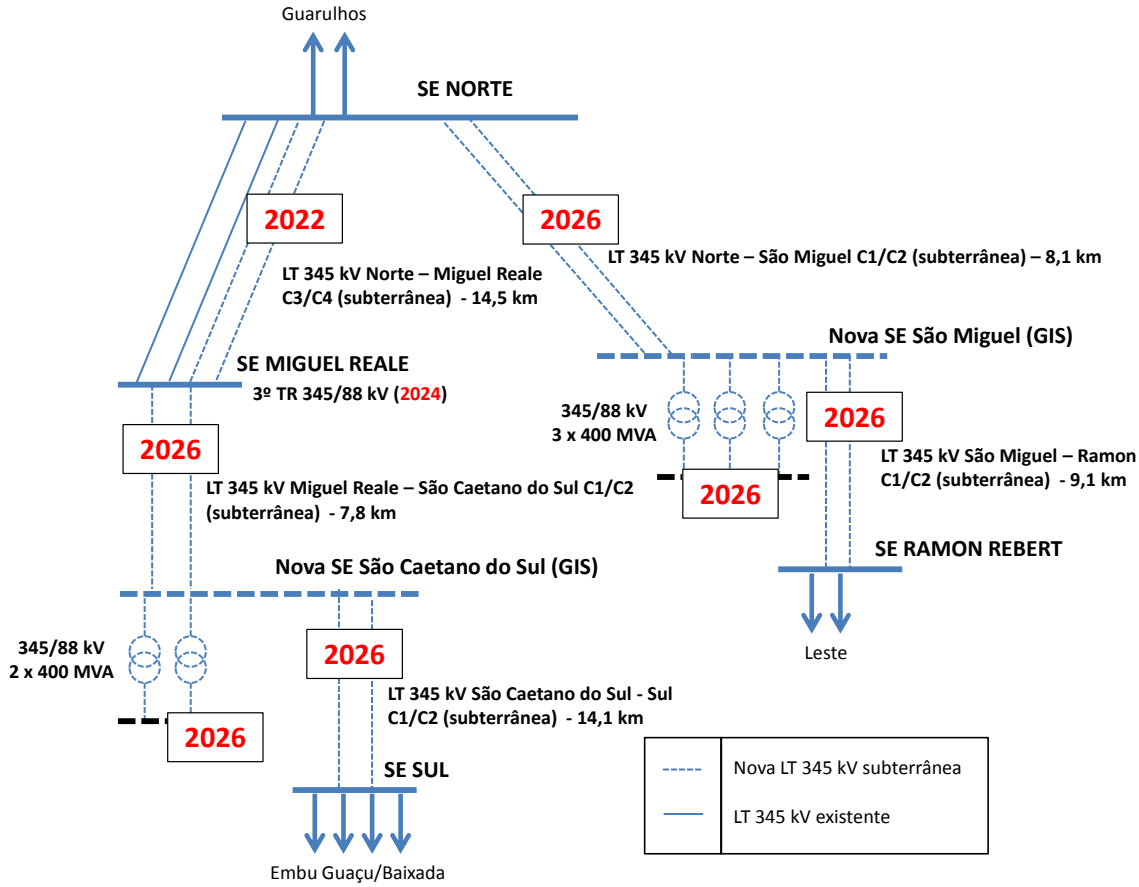


Figura 7-1 – Análise de Regime Permanente – Configuração fechamento do anel 345 kV

Dado que o pico de demanda da ENEL SP ocorre na carga média, as simulações foram realizadas utilizando os casos correspondentes a esse patamar de carga.

Como o horizonte dos casos do PDE 2027 é o ano 2030, com o intuito de identificar o grau de robustez da solução a ser recomendada, bem como a sua longevidade, realizou-se uma extrapolação do mercado da ENEL SP para os anos 2035 e 2040, considerando uma taxa média de crescimento anual da ordem de 2,0 %.

7.1.1 Condição Normal

A Tabela 7-1 e a Tabela 7-2 apresentam, respectivamente, o perfil de tensão e os fluxos nas linhas 345 kV da região de análise. Como pode ser observado, não foram identificados problemas associados à tensão ou carregamento em regime normal de operação.

Tabela 7-1 –Condição Normal – Carga Média – Tensão

BARRA	SUBESTAÇÃO	2022	2023	2024	2025	2035	2040
3831	GUARUL-SP345	102,1%	102,2%	102,1%	102,5%	101,0%	100,0%
2904	NORTE--SP345	102,4%	102,5%	102,3%	102,7%	101,1%	99,9%
30956	SMIGUE-SP345	102,3%	102,4%	102,3%	102,6%	100,9%	99,7%
2917	RREBER-SP345	102,3%	102,6%	102,4%	102,7%	101,1%	99,8%
2915	LESTE--SP345	102,5%	102,7%	102,6%	102,9%	101,5%	100,2%
30955	SCAETA-SP345	102,7%	102,9%	102,8%	103,1%	101,7%	100,6%
2926	SUL----SP345	102,8%	103,0%	103,0%	103,3%	102,3%	101,3%
2906	MREALE-SP345	102,6%	102,8%	102,6%	103,0%	101,4%	100,3%
3670	TPRET1-SP345	103,6%	104,1%	103,9%	104,2%	104,1%	103,5%
3671	TPRET2-SP345	103,6%	104,2%	104,2%	104,5%	104,1%	103,4%

Tabela 7-2 – Condição Normal – Carga Média – Fluxos

Condição	LT	NC LIM.	2026 MW Mvar %	2030 MW Mvar %	2035 MW Mvar %	2040 MW Mvar %
Condição Normal	NORTE--SP345 SMIGUE-SP345	2 443	208 -51 47%	205 -2 45%	204 -11 45%	214 10 48%
	RREBER-SP345 SMIGUE-SP345	2 443	60 60 19%	86 25 20%	116 61 29%	140 63 34%
	MREALE-SP345 SCAETA-SP345	2 443	-86 -194 47%	-83 -192 46%	-108 -229 56%	-134 -260 65%
	SCAETA-SP345 SUL----SP345	2 543	-237 -167 52%	-247 -171 54%	-289 -220 65%	-333 -263 77%
	NORTE--SP345 MREALE-SP345	2 400	126 -172 52%	141 -163 53%	148 -163 54%	156 -159 55%
	GUARUL-SP345 NORTE--SP345	2 1793	878 -169 49%	943 -177 52%	986 -152 55%	1044 -100 58%
	LESTE--SP345 RREBER-SP345	2 1195	379 134 33%	431 118 36%	497 176 43%	560 203 49%

Os diagramas a seguir mostram os fluxos, em condição normal, nas linhas 345 kV. Nota-se que os fluxos são moderados, sem quaisquer violações de carregamento.

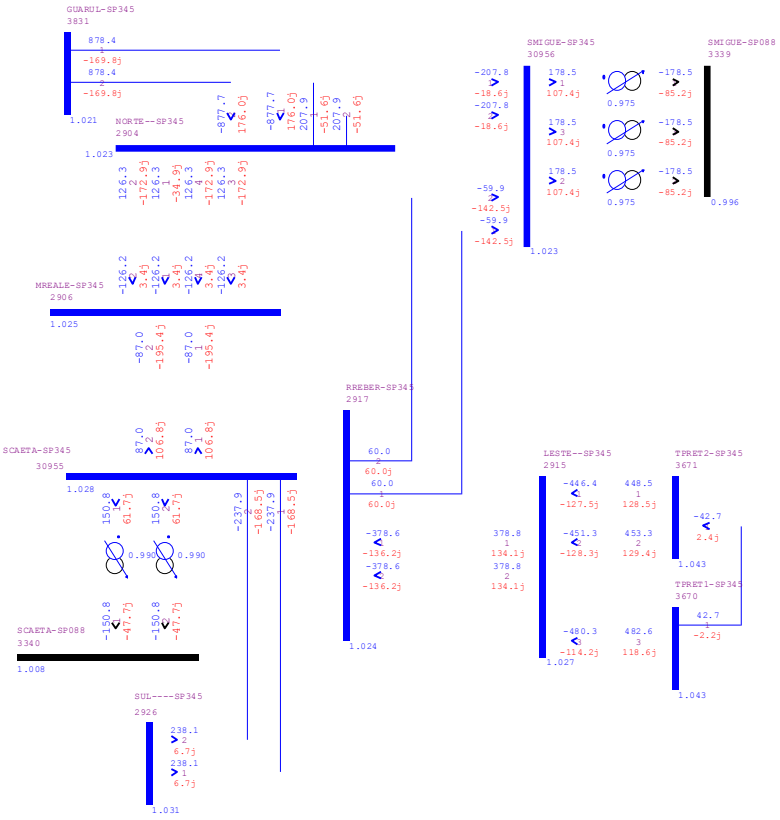


Figura 7-2 Fluxos nas LTs 345 kV em Condição Normal – Carga Média – Ano 2026

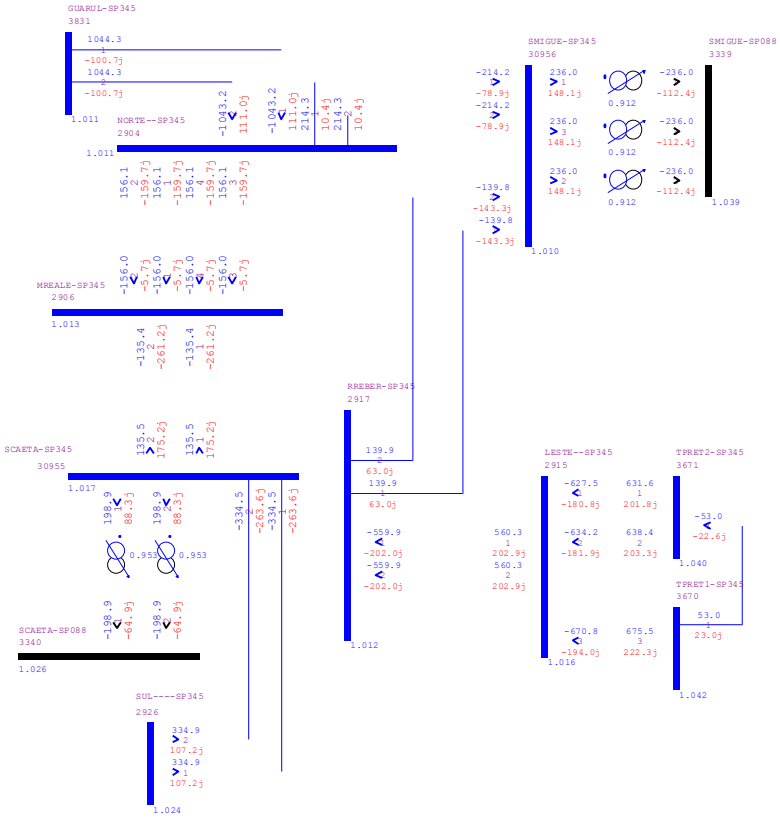


Figura 7-3 Fluxos nas LTs 345 kV em Condição Normal – Carga Média – Ano 2040

7.1.2 Condição de Emergência

Os gráficos a seguir apresentam a evolução do carregamento, com relação à capacidade firme em N-1, das subestações de fronteira existentes Norte, Miguel Reale, Sul, Leste e Ramon e das novas subestações de fronteira São Miguel e São Caetano do Sul.

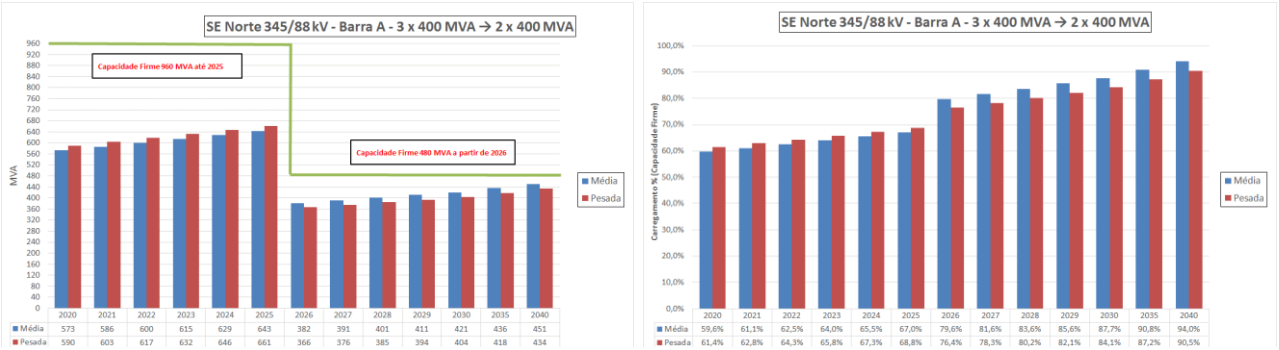


Figura 7-4 – Carregamento SE Norte – Barra A (MVA e %)

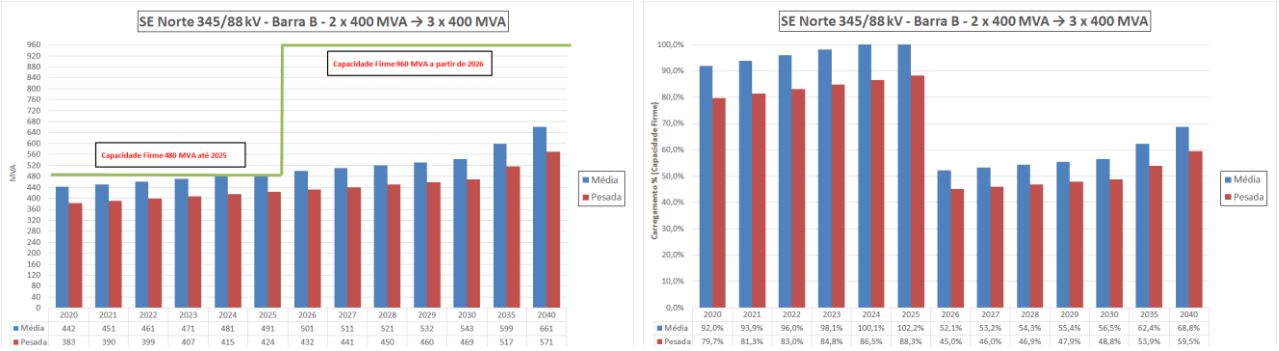


Figura 7-5 – Carregamento SE Norte – Barra B (MVA e %)

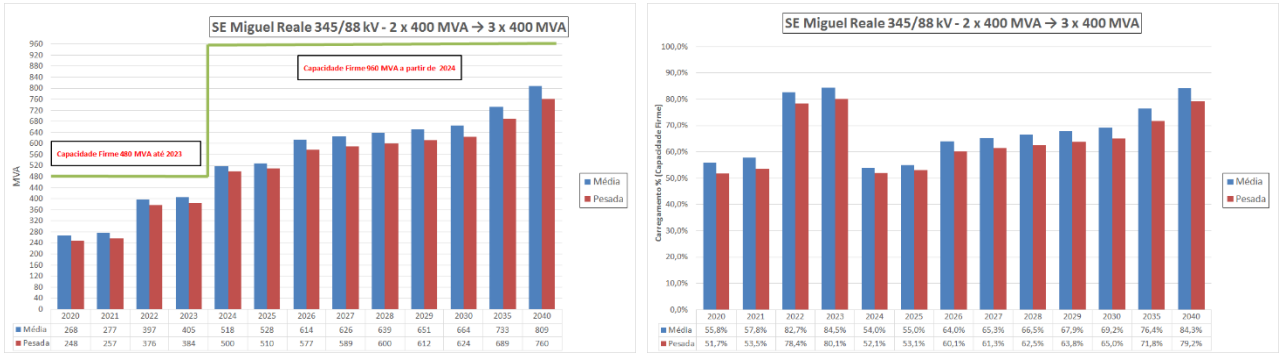


Figura 7-6 – Carregamento SE Miguel Reale (MVA e %)



Figura 7-7 – Carregamento SE Sul (MVA e %)



Figura 7-8 – Carregamento SE Leste (MVA e %)



Figura 7-9 – Carregamento SE Ramon (MVA e %)

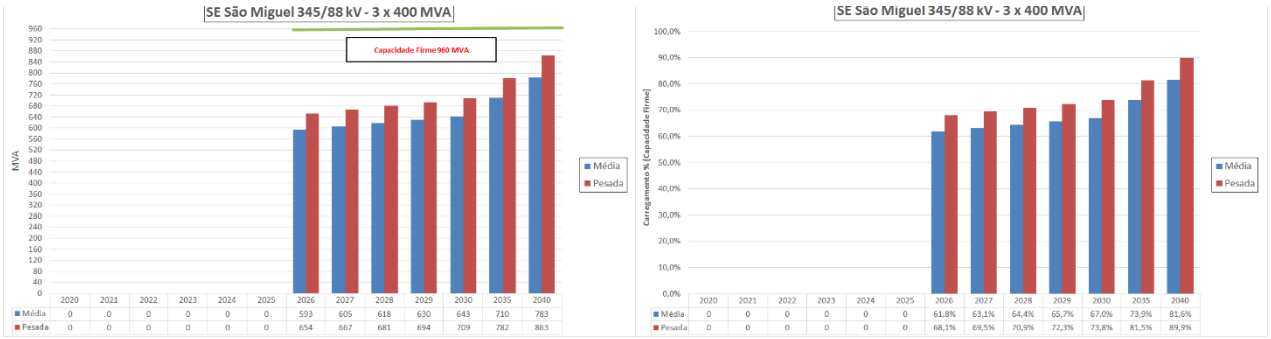


Figura 7-10 – Carregamento SE São Miguel (MVA e %)

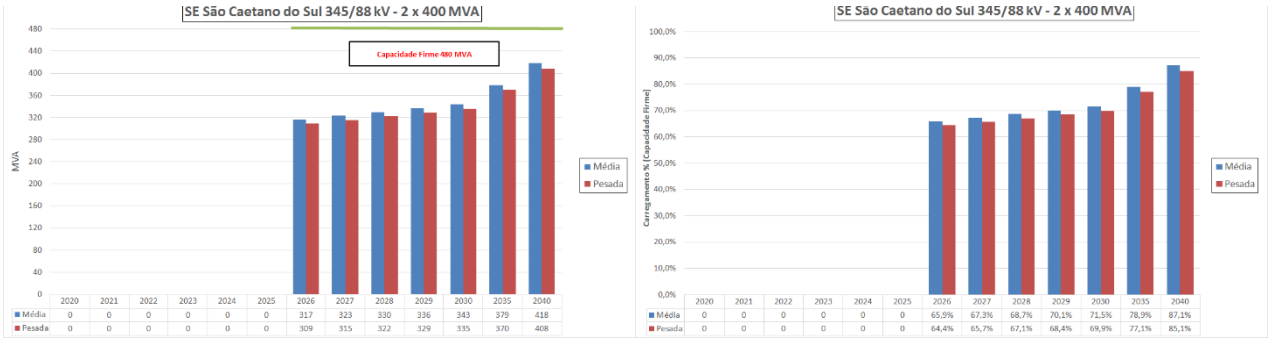


Figura 7-11 – Carregamento SE São Caetano do Sul (MVA e %)

Observa-se que nenhuma das subestações apresenta sobrecarga até o horizonte de 2040, todas com margem para o crescimento da carga local. Cabe destacar que as subestações Ramon e Leste foram consideradas nesta análise com a configuração de três bancos de transformadores operando em paralelo, porém, para viabilizar a logística de substituição dos disjuntores 345 kV dessas subestações, será necessária a instalação do 4º banco em ambas, o que permitirá uma margem ainda maior para o crescimento de carga na região. Ainda relacionado à logística de substituição de disjuntores 345 kV superados, também serão necessárias as instalações do 3º banco de transformadores 345/88 kV e do 3º transformador trifásico 345/20 kV na SE Miguel Reale.

Com relação à SE Norte, a mesma opera, atualmente, com cinco bancos de transformadores 345/88 kV de 400 MVA, sendo três unidades ligadas na semibarra A e duas unidades ligadas na semibarra B (Figura 7-12).

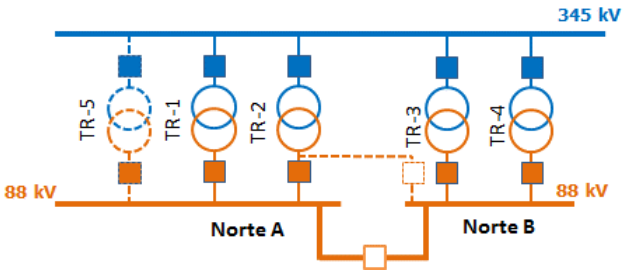


Figura 7-12 – Configuração SE Norte

Considerando o remanejamento da carga da ENEL SP atualmente atendida pela semibarra A para a nova SE São Miguel, o carregamento dos transformadores ligados à essa semibarra reduz de forma significativa (Figura 7-4), enquanto o carregamento dos demais ligados à semibarra B é crescente (Figura 7-5). Dessa forma, de modo a equilibrar os carregamentos das transformações e eliminar possível sobrecarga nos bancos ligados à semibarra B, recomenda-se que a partir de 2026 a SE Norte passe a operar com duas unidades 345/88 kV na semibarra A e três unidades na semibarra B.

As figuras a seguir mostram os diagramas com os fluxos nas principais linhas 345 kV, para o ano de 2040 da carga média, considerando as seguintes contingências:

- LT 345 kV Guarulhos – Norte C1/C2 (aérea de circuito duplo) – simples e dupla
- LT 345 kV Norte – São Miguel C1/C2 (subterrânea) - simples
- LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho C1/C2 (subterrânea) - simples
- LT 345 kV Leste – Ramon C1/C2 (aérea de circuito duplo) – simples e dupla
- LT 345 kV Norte – Miguel Reale C1/C2/C3/C4 (subterrânea)- simples
- LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul C1/C2 (subterrânea) - simples
- LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul C1/C2 (subterrânea) – simples

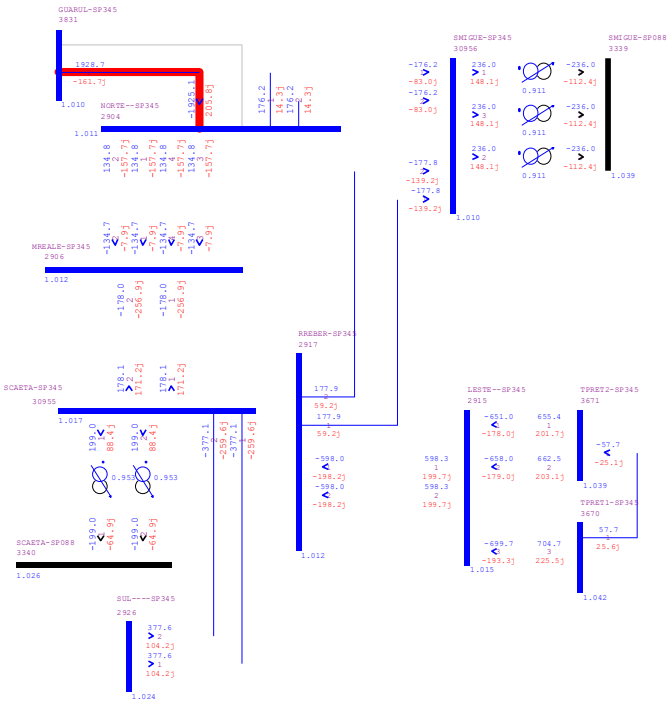


Figura 7-13 – Contingência LT 345 kV Guarulhos – Norte C1 – Carga Média – 2040

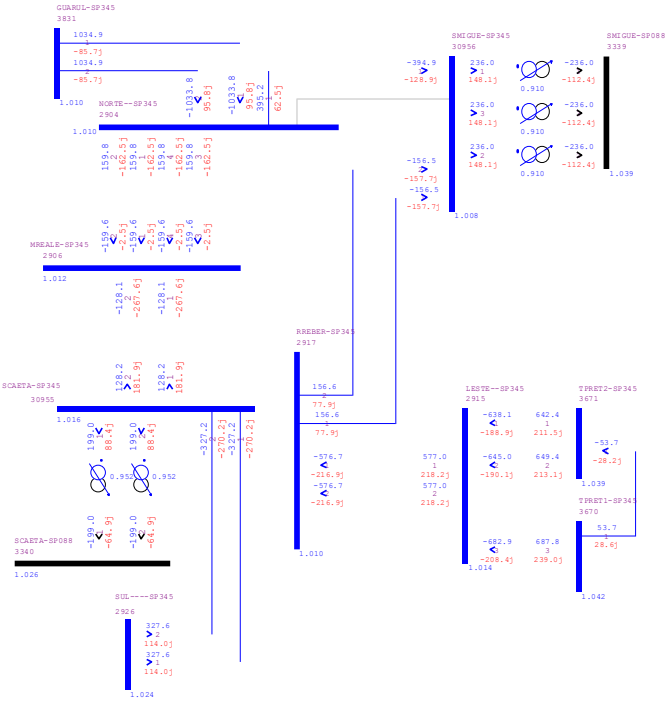


Figura 7-14 – Contingência LT 345 kV Norte – São Miguel C1 – Carga Média – 2040

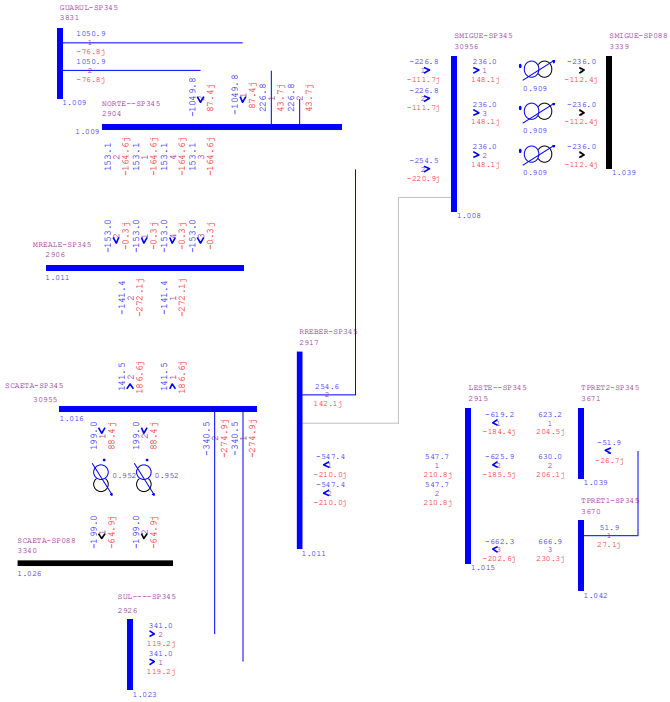


Figura 7-15 – Contingência LT 345 kV São Miguel - Ramon C1 – Carga Média – 2040

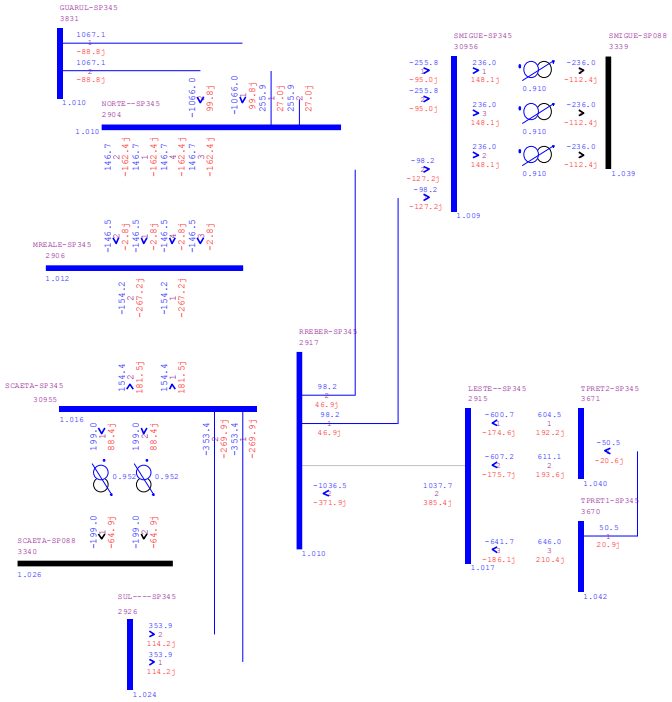


Figura 7-16 – Contingência LT 345 kV Leste - Ramon C1 – Carga Média – 2040

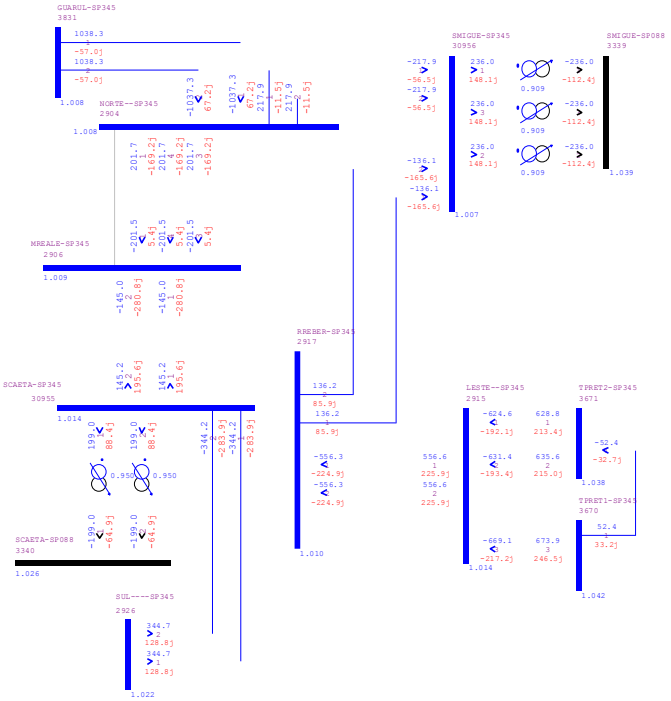


Figura 7-17 – Contingência LT 345 kV Norte – Miguel Reale C1 – Carga Média – 2040

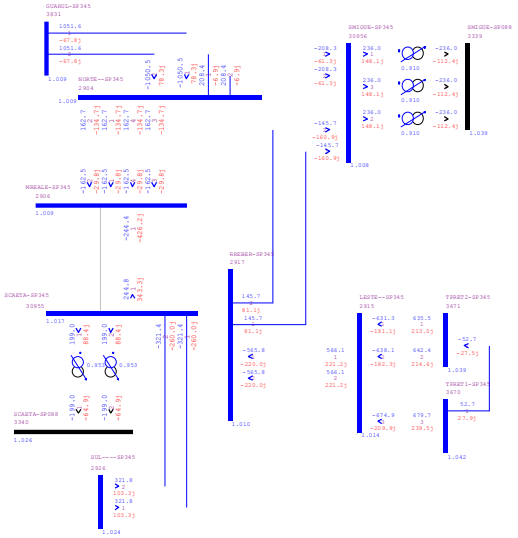


Figura 7-18 – Contingência LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul C1 – Carga Média – 2040

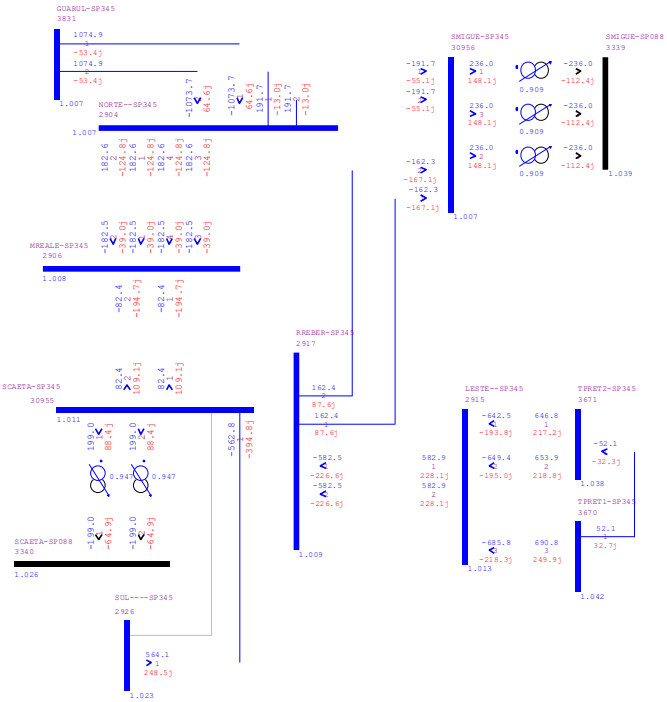


Figura 7-19 – Contingência LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul C1 – Carga Média – 2040

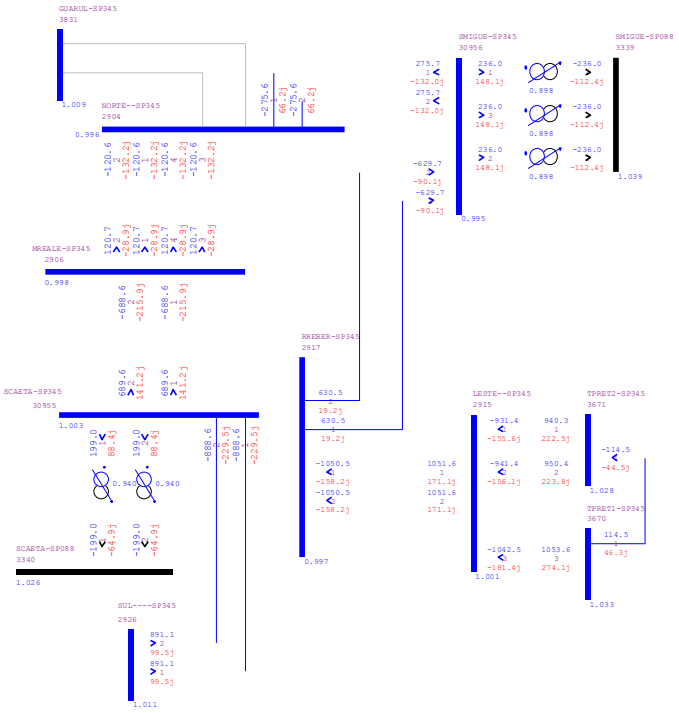


Figura 7-20 – Contingência Dupla LT 345 kV Guarulhos - Norte C1 e C2 – Carga Média – 2040

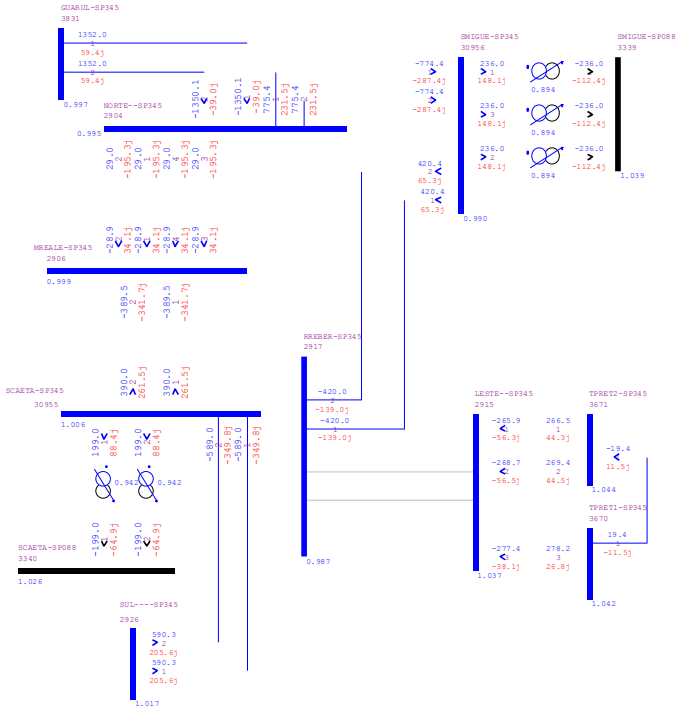


Figura 7-21 – Contingência Dupla LT 345 kV Leste - Ramon C1 e C2 – Carga Média – 2040

De todas as contingências simuladas no ano horizonte de análise, incluindo as perdas duplas, apenas a contingência simples de um dos circuitos da LT 345 kV Guarulhos – Norte CD apresentou problema de sobrecarga (Figura 7-13).

Conforme resultados da Tabela 7-3 a seguir, o problema de sobrecarga no circuito remanescente da LT 345 kV Guarulhos – Norte C1/C2 ocorre a partir de 2035. Segundo informações da ISA-CTEEP, o limite atual dessa LT é devido à restrição de equipamento terminal, sendo, portanto, o problema de sobrecarga possível de ser sanado a partir da substituição desses equipamentos. As demais linhas encontram-se com carregamento dentro dos limites de emergência até 2040, ainda com folga para o crescimento da carga local.

Tabela 7-3 – Condição de Emergência – Carga Média – Fluxos

CONTINGÊNCIA	LT	NC/LIM	2026	2030	2035	2040
		NC LIM.	MW Mvar %	MW Mvar %	MW Mvar %	MW Mvar %
LT 345 kV NORTE – SÃO MIGUEL, C1	NORTE--SP345	2	383 -50	377 40	377 21	395 62
	SMIGUE-SP345	749	50%	49%	50%	53%
	RREBER-SP345	2	76 70	102 40	132 74	157 78
	SMIGUE-SP345	749	13%	14%	20%	23%
LT 345 kV RAMON – SÃO MIGUEL, C1	NORTE--SP345	2	213 -17	212 28	215 21	227 44
	SMIGUE-SP345	749	28%	28%	28%	31%
	RREBER-SP345	2	109 136	156 74	212 138	255 142
	SMIGUE-SP345	749	23%	22%	33%	38%
	MREALE-SP345	2	-89 -205	-87 -202	-113 -240	-140 -271
	SCAETA-SP345	749	29%	29%	35%	40%
LT 345 kV MIGUEL REALE – SÃO CAETANO DO SUL, C1	RREBER-SP345	2	64 75	90 41	121 78	146 81
	SMIGUE-SP345	749	13%	13%	19%	22%
	MREALE-SP345	2	-156 -305	-151 -300	-196 -368	-243 -425
	SCAETA-SP345	749	45%	44%	55%	65%
LT 345 kV SÃO CAETANO DO SUL - SUL, C1	RREBER-SP345	2	76 78	103 44	136 83	162 88
	SMIGUE-SP345	749	14%	15%	21%	24%
	SCAETA-SP345	2	-399 -233	-415 -239	-486 -321	-562 -394
	SUL----SP345	858	53%	54%	67%	79%
	LESTE--SP345	2	395 153	447 137	517 198	583 228
	RREBER-SP345	1195	35%	38%	45%	52%
LT 345 kV NORTE – MIGUEL REALE, C1	RREBER-SP345	2	57 64	83 48	113 84	136 86
	SMIGUE-SP345	749	11%	12%	18%	21%
	MREALE-SP345	2	-93 -198	-92 -212	-117 -249	-144 -280
	SCAETA-SP345	749	29%	30%	36%	42%
	SCAETA-SP345	2	-244 -171	-255 -193	-298 -241	-343 -283
	SUL----SP345	858	34%	36%	44%	51%
	NORTE--SP345	2	163 -175	183 -172	191 -173	202 -168
	MREALE-SP345	450	52%	54%	57%	58%
LT 345 kV GUARULHOS - NORTE, C1	RREBER-SP345	2	92 53	120 18	152 55	178 59
	SMIGUE-SP345	749	14%	16%	21%	25%
	MREALE-SP345	2	-122 -187	-121 -184	-148 -223	-177 -256
	SCAETA-SP345	749	29%	29%	35%	41%
	SCAETA-SP345	2	-273 -161	-285 -164	-329 -214	-376 -259
	SUL----SP345	858	36%	37%	45%	52%
	GUARUL-SP345	2	1622 -294	1743 -308	1821 -260	1929 -161
	NORTE--SP345	1793	**90%**	**96%**	**101%**	**107%**
	LESTE--SP345	2	411 128	465 111	533 170	598 200
	RREBER-SP345	1195	35%	39%	46%	52%
LT 345 kV LESTE-- RAMON, C1	NORTE--SP345	2	236 -39	237 8	241 2	256 27
	SMIGUE-SP345	749	31%	31%	32%	34%
	MREALE-SP345	2	-99 -198	-98 -195	-125 -234	-153 -266
	SCAETA-SP345	749	29%	28%	35%	41%
	LESTE--SP345	2	701 254	798 224	921 333	1038 385
	RREBER-SP345	1195	61%	67%	80%	**91%**

A Tabela 7-4 aponta os fluxos nas linhas para a condição de perda dupla das linhas aéreas de circuito duplo, em 345 kV, Guarulhos – Norte e Leste – Ramon. Conforme especificações do item 6.3, as capacidades de emergência consideradas para as linhas subterrâneas em condições de perda dupla são superiores à capacidade de perda simples, pois são calculadas para uma duração de 4 horas.

Para as linhas de seção 1600 mm^2, a capacidade de curta duração em N-2 calculada para solução de referência foi de 960 MVA, já para a linha com seção de 2500 mm^2, a capacidade em N-2 foi de 1216 MVA.

Diante dos resultados exibidos na Tabela 7-4, conclui-se que a configuração recomendada suporta até 2040, com folga, as perdas duplas da LT 345 kV Guarulhos – Norte C1 e C2 e LT 345 kV Leste - Ramon C1 e C2, que atualmente representam contingências de elevado grau de severidade para o sistema local.

Tabela 7-4 – Condição de Emergência (Perda Dupla) – Carga Média – Fluxos

CONTINGÊNCIA DUPLA	LT	NC/LIM	2026	2030	2035	2040
		NC LIM.	MW Mvar %	MW Mvar %	MW Mvar %	MW Mvar %
LT 345 kV GUARULHOS - NORTE, C1 e C2	NORTE--SP345 SMIGUE-SP345	2 960	-206 34 21%	-239 91 26%	-259 69 28%	-275 66 30%
	RREBER-SP345 SMIGUE-SP345	2 960	476 -21 48%	531 -62 54%	581 -12 60%	630 19 66%
	MREALE-SP345 SCAETA-SP345	2 960	-548 -102 57%	-581 -100 60%	-629 -151 66%	-688 -215 75%
	SCAETA-SP345 SUL----SP345	2 1216	-700 -81 56%	-745 -86 60%	-810 -150 67%	-888 -229 75%
	LESTE--SP345 RREBER-SP345	2 1195	795 59 65%	876 38 71%	962 112 80%	1052 171 89%
LT 345 kV LESTE-- RAMON, C1 e C2	NORTE--SP345 SMIGUE-SP345	2 960	587 95 61%	636 128 66%	702 179 75%	775 231 85%
	RREBER-SP345 SMIGUE-SP345	2 960	-318 -75 34%	-344 -93 37%	-379 -114 41%	-419 -138 47%
	MREALE-SP345 SCAETA-SP345	2 960	-257 -247 37%	-278 -239 37%	-334 -298 46%	-388 -341 54%
	SCAETA-SP345 SUL----SP345	2 1216	-408 -223 38%	-441 -222 40%	-514 -294 48%	-588 -349 56%
	GUARUL-SP345 NORTE--SP345	2 1793	1087 -66 60%	1180 -82 65%	1259 -15 70%	1352 59 76%

8 ANÁLISE ECONÔMICA

Devido à ausência de referências de investimentos relacionados à linhas de transmissão subterrâneas e subestações isoladas a Gás (GIS) na Base de Preços da ANEEL, as estimativas de custos para essas obras foram calculadas com base em informações dos últimos leilões de transmissão e consultas a fabricantes.

Para as linhas subterrâneas, foram estimados os valores a partir dos custos calculados pela ANEEL para o lote referente à LT 345 kV Bandeirantes – Piratininga II C1 e C2 subterrânea, objeto do Leilão de Transmissão nº 013/2015 - 1ª Etapa (13/04/2016):

- LT 345 kV subterrânea CD 2000 mm^2 Al [R$*$10^3$/km] = 32.825,09

Como a referência de custos é para a seção de 2000 mm^2, foi aplicado um fator de proporcionalidade para as seções de 1600 e 2500 mm^2, que são as utilizadas para as novas linhas recomendadas no presente estudo. Entende-se que a relação entre as seções corresponde, aproximadamente, à proporcionalidade de material utilizado, que, segundo informações de fabricantes, representa cerca de 30% do custo total da linha instalada. Com isso, tem-se os seguintes valores para as linhas de 1600 e 2500 mm^2 de alumínio:

- LT 345 kV subterrânea CD 1600 mm^2 Al [R$*$10^3$/km] = (0,80 x 0,3 +0,7) x 32.825,09 = 0,94 x 32.825,09 = 30.855,58

- LT 345 kV subterrânea CD 2500 mm^2 Al [R$*$10^3$/km] = (1,25 x 0,3 + 0,7) x 32.825,09 = 1,075 x 32.825,09 = 35.286,97

No caso do MIG (Módulo de Infraestrutura Geral) para novas subestações GIS, como a área ocupada representa cerca de 40% da área de uma subestação convencional, foi considerado um fator de 0,4 a ser aplicado sobre o valor total calculado na Base de Preços da ANEEL. Para o custo fundiário, por se tratarem de terrenos dentro da capital e em regiões densamente urbanizadas, foi considerado um custo médio de terreno de 800 R$/$m^2$, o que equivale a um fator de 1,9 a ser aplicado sobre o valor do MIG calculado para o estado de São Paulo, área urbana. Logo, os custos associados ao MIG (GIS) foram estimados aplicando-se os seguintes fatores:

- MIG (GIS) = 0,4 x 1,9 x MIG_{ANEEL} ≈ 0,8 x MIG_{ANEEL}

No que diz respeito aos módulos de conexão em GIS, foi considerado um fator de 2,0 a ser aplicado nos valores constantes da Base de Preços ANEEL para módulos convencionais.

Ressalta-se que esses valores são utilizados apenas para comparação de alternativas, não servindo como base para orçamentos.

O detalhamento do plano de obras e investimentos de cada alternativa é apresentado na Tabela 8-1 e Tabela 8-2.

Tabela 8-1 – Plano de obras e estimativa de custos da Configuração A

Descrição	Terminal	Ano	Qtde.	Fator	Custo da Alternativa (R$ x 1000)				
					Custo Unitário (sem fator)	Custo Total	VP	Parcela Anual	RN
						2.733.292,45	**1.884.973,50**	**242.791,35**	**687.224,81**
SE 345/88 kV SÃO MIGUEL | GIS (Nova)						**198.884,02**	**125.330,67**	**17.666,36**	**36.873,25**
1°, 2° e 3° TF 345/88 kV, (9+1R) x 133,33 MVA 1Φ		2026	10,0	1,0	8567,11	85.671,10	53.987,33	7.609,94	15.883,49
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4		2026	3,0	2,0	6661,25	39.967,50	25.186,30	3.550,21	7.410,01
CT (Conexão de Transformador) 88 kV, Arranjo BD4		2026	3,0	2,0	3911,95	23.471,70	14.791,15	2.084,93	4.351,67
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4			*4,0*						
MIG (Terreno Urbano)		2026	1,0	0,8	53797,28	43.037,82	27.121,13	3.822,94	7.979,25
EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BD4			*6,0*						
MIM - 345 kV		2026	6,0	0,4	2806,63	6.735,90	4.244,76	598,33	1.248,84
SE 345/88 kV SÃO CAETANO DO SUL | GIS (Nova)						**146.518,32**	**92.331,40**	**13.014,85**	**27.164,61**
1° e 2° TF 345/138 kV, (6+1R) x 133,33 MVA 1Φ		2026	7,0	1,0	8567,11	59.969,77	37.791,13	5.326,96	11.118,44
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4		2026	2,0	2,0	6661,25	26.645,00	16.790,87	2.366,81	4.940,00
CT (Conexão de Transformador) 88 kV, Arranjo BD4		2026	2,0	2,0	3911,95	15.647,80	9.860,77	1.389,95	2.901,11
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4			*4,0*						
MIG (Terreno Urbano)		2026	1,0	0,8	49706,46	39.765,17	25.058,80	3.532,24	7.372,49
EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BD4			*6,0*						
MIM - 345 kV		2026	6,0	0,4	1871,08	4.490,58	2.829,83	398,89	832,56
LT 345 kV NORTE - MIGUEL REALE, C3 e C4 | Subterrânea (Nova)						**494.197,91**	**423.695,05**	**43.898,33**	**216.279,03**
Subterrânea 1600 mm2 CD, 14,5 km		2022	14,5	1,0	30855,58	447.405,91	383.578,46	39.741,92	195.801,15
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Norte	2022	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	20.058,30	2.078,21	10.238,94
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Miguel Reale	2022	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	20.058,30	2.078,21	10.238,94
LT 345 kV SÃO MIGUEL - RAMON, C1 e C2 | Subterrânea (Nova)						**327.577,78**	**206.429,57**	**29.097,89**	**60.733,17**
Subterrânea 1600 mm2 CD, 9,1 km		2026	9,1	1,0	30855,58	280.785,78	176.942,67	24.941,48	52.057,90
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	São Miguel	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Ramon	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
LT 345 kV MIGUEL REALE - SÃO CAETANO DO SUL, C1 e C2 | Subterrânea (Nova)						**287.465,52**	**181.152,04**	**25.534,82**	**53.296,33**
Subterrânea 1600 mm2 CD, 7,8 km		2026	7,8	1,0	30855,58	240.673,52	151.665,14	21.378,41	44.621,06
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Miguel Reale	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	São Caetano do Sul	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
LT 345 kV SUL - SÃO CAETANO DO SUL, C1 e C2 | Subterrânea (Nova)						**544.338,28**	**343.025,45**	**48.352,17**	**100.920,74**
Subterrânea 2500 mm2 CD, 14,1 km		2026	14,1	1,0	35286,97	497.546,28	313.538,55	44.195,76	92.245,46
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	São Caetano do Sul	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Sul	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
LT 345 kV NORTE - SÃO MIGUEL, C1 e C2 | Subterrânea (Nova)						**296.722,20**	**186.985,32**	**26.357,07**	**55.012,52**
Subterrânea 1600 mm2 CD, 8,1 km		2026	8,1	1,0	30855,58	249.930,20	157.498,42	22.200,66	46.337,25
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Norte	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	São Miguel	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
SE 345 kV MIGUEL REALE (Ampliação/Adequação)						**83.115,16**	**71.257,85**	**7.382,91**	**36.374,23**
3° TF 345/138 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ		2022	3,0	1,0	7327,92	21.983,76	18.847,53	1.952,76	9.620,90
3° TF 345/20 kV, 1 x 135 MVA 3Φ		2022	1,0	1,0	10192,48	10.192,48	8.738,41	905,37	4.460,60
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4		2022	2,0	2,0	6821,06	27.284,24	23.391,84	2.423,59	11.940,58
CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BD4		2022	2,0	2,0	4015,19	16.060,76	13.769,51	1.426,64	7.028,77
CT (Conexão de Transformador) 20 kV, Arranjo BD4		2022	2,0	2,0	1898,48	7.593,92	6.510,56	674,55	3.323,38
SE 345 kV RAMON | Substituição dos disjuntores 345 kV (GIS) (Ampliação/Adequação)						**120.036,19**	**89.411,10**	**10.662,51**	**37.541,94**
4° TF 345/138 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ		2022	3,0	1,0	7327,92	21.983,76	18.847,53	1.952,76	9.620,90
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (novo)		2022	1,0	2,0	6821,06	13.642,12	11.695,92	1.211,79	5.970,29
CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BD4 (novo)		2022	1,0	2,0	4015,19	8.030,38	6.884,76	713,32	3.514,39
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	3,0	2,0	6821,06	40.926,33	27.853,77	3.635,38	9.878,68
IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	1,0	2,0	6028,80	12.057,60	8.206,20	1.071,05	2.910,43
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	15.922,92	2.078,21	5.647,26
SE 345 kV LESTE | Substituição dos disjuntores 345 kV (GIS) (Ampliação/Adequação)						**59.311,98**	**46.167,85**	**5.268,53**	**20.757,79**
4° TF 345/138 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ		2022	3,0	1,0	7327,92	21.983,76	18.847,53	1.952,76	9.620,90
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (novo)		2022	1,0	1,0	6821,06	6.821,06	5.847,96	605,90	2.985,14
CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BD4 (novo)		2022	1,0	1,0	4015,19	4.015,19	3.442,38	356,66	1.757,19
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	3,0	1,0	6821,06	20.463,17	13.926,89	1.817,69	4.939,34
IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	1,0	1,0	6028,80	6.028,80	4.103,10	535,52	1.455,21
SE 345 kV MIGUEL REALE | Substituição dos disjuntores 345 kV (GIS) (Ampliação/Adequação)						**139.851,30**	**95.180,44**	**12.422,63**	**33.756,90**
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	6,0	2,0	6821,06	81.852,66	55.707,55	7.270,76	19.757,36
IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	1,0	2,0	6028,80	12.057,60	8.206,20	1.071,05	2.910,43
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	15.922,92	2.078,21	5.647,26
CRB (Conexão de Reator de Barra) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	2,0	2,0	5636,26	22.545,04	15.343,78	2.002,62	5.441,86
SE 345 kV SE INTERLAGOS Substituição dos disjuntores 345 kV (GIS) (Ampliação/Adequação)						**17.547,00**	**11.942,19**	**1.558,65**	**4.235,44**
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	3,0	1,0	5849,00	17.547,00	11.942,19	1.558,65	4.235,44
SE 345 kV SE BAIXADA (Ampliação/Adequação)						**17.726,80**	**12.064,56**	**1.574,63**	**4.278,84**
IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	1,0	1,0	6028,80	6.028,80	4.103,10	535,52	1.455,21
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	2,0	1,0	5849,00	11.698,00	7.961,46	1.039,10	2.823,63

Tabela 8-2 – Plano de obras e estimativa de custos da Configuração B

Descrição	Terminal	Ano	Qtde.	Fator	Custo da Alternativa (R$ x 1000)				
					Custo Unitário (sem fator)	Custo Total	VP	Parcela Anual	RN
						3.094.811,37	**2.112.791,74**	**274.904,15**	**754.250,69**
SE 345/88 kV SÃO MIGUEL | GIS (Nova)						**198.884,02**	**125.330,67**	**17.666,36**	**36.873,25**
1°, 2° e 3° TF 345/88 kV, (9+1R) x 133,33 MVA 1Φ		2026	10,0	1,0	8567,11	85.671,10	53.987,33	7.609,94	15.883,49
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4		2026	3,0	2,0	6661,25	39.967,50	25.186,30	3.550,21	7.410,01
CT (Conexão de Transformador) 88 kV, Arranjo BD4		2026	3,0	2,0	3911,95	23.471,70	14.791,15	2.084,93	4.351,67
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4			*4,0*						
MIG (Terreno Urbano)		2026	1,0	0,8	53797,28	43.037,82	27.121,13	3.822,94	7.979,25
EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BD4			*6,0*						
MIM - 345 kV		2026	6,0	0,4	2806,63	6.735,90	4.244,76	598,33	1.248,84
SE 345/88 kV SÃO CAETANO DO SUL | GIS (Nova)						**146.518,32**	**92.331,40**	**13.014,85**	**27.164,61**
1° e 2° TF 345/138 kV, (6+1R) x 133,33 MVA 1Φ		2026	7,0	1,0	8567,11	59.969,77	37.791,13	5.326,96	11.118,44
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4		2026	2,0	2,0	6661,25	26.645,00	16.790,87	2.366,81	4.940,00
CT (Conexão de Transformador) 88 kV, Arranjo BD4		2026	2,0	2,0	3911,95	15.647,80	9.860,77	1.389,95	2.901,11
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4			*4,0*						
MIG (Terreno Urbano)		2026	1,0	0,8	49706,46	39.765,17	25.058,80	3.532,24	7.372,49
EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BD4			*6,0*						
MIM - 345 kV		2026	6,0	0,4	1871,08	4.490,58	2.829,83	398,89	832,56
LT 345 kV NORTE - MIGUEL REALE, C3 e C4 | Subterrânea (Nova)						**494.197,91**	**423.695,05**	**43.898,33**	**216.279,03**
Subterrânea 1600 mm2 CD, 14,5 km		2022	14,5	1,0	30855,58	447.405,91	383.578,46	39.741,92	195.801,15
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Norte	2022	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	20.058,30	2.078,21	10.238,94
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Miguel Reale	2022	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	20.058,30	2.078,21	10.238,94
LT 345 kV SÃO MIGUEL - RAMON, C1 e C2 | Subterrânea (Nova)						**327.577,78**	**206.429,57**	**29.097,89**	**60.733,17**
Subterrânea 1600 mm2 CD, 9,1 km		2026	9,1	1,0	30855,58	280.785,78	176.942,67	24.941,48	52.057,90
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	São Miguel	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Ramon	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
LT 345 kV MIGUEL REALE - RAMON, C1 e C2 | Subterrânea (Nova)						**386.203,38**	**243.373,64**	**34.305,46**	**71.602,41**
Subterrânea 1600 mm2 CD, 11,0 km		2026	11,0	1,0	30855,58	339.411,38	213.886,74	30.149,04	62.927,13
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Miguel Reale	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Ramon	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
LT 345 kV SUL - SÃO CAETANO DO SUL, C1 e C2 | Subterrânea (Nova)						**544.338,28**	**343.025,45**	**48.352,17**	**100.920,74**
Subterrânea 2500 mm2 CD, 14,1 km		2026	14,1	1,0	35286,97	497.546,28	313.538,55	44.195,76	92.245,46
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	São Caetano do Sul	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Sul	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
LT 345 kV NORTE - SÃO MIGUEL, C1 e C2 | Subterrânea (Nova)						**296.722,20**	**186.985,32**	**26.357,07**	**55.012,52**
Subterrânea 1600 mm2 CD, 8,1 km		2026	8,1	1,0	30855,58	249.930,20	157.498,42	22.200,66	46.337,25
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Norte	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	São Miguel	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
SE 345 kV MIGUEL REALE (Ampliação/Adequação)						**83.115,16**	**71.257,85**	**7.382,91**	**36.374,23**
3° TF 345/138 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ		2022	3,0	1,0	7327,92	21.983,76	18.847,53	1.952,76	9.620,90
3° TF 345/20 kV, 1 x 135 MVA 3Φ		2022	1,0	1,0	10192,48	10.192,48	8.738,41	905,37	4.460,60
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4		2022	2,0	2,0	6821,06	27.284,24	23.391,84	2.423,59	11.940,58
CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BD4		2022	2,0	2,0	4015,19	16.060,76	13.769,51	1.426,64	7.028,77
CT (Conexão de Transformador) 20 kV, Arranjo BD4		2022	2,0	2,0	1898,48	7.593,92	6.510,56	674,55	3.323,38
SE 345 kV RAMON | Substituição dos disjuntores 345 kV (GIS) (Ampliação/Adequação)						**120.036,19**	**89.411,10**	**10.662,51**	**37.541,94**
4° TF 345/138 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ		2022	3,0	1,0	7327,92	21.983,76	18.847,53	1.952,76	9.620,90
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (novo)		2022	1,0	2,0	6821,06	13.642,12	11.695,92	1.211,79	5.970,29
CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BD4 (novo)		2022	1,0	2,0	4015,19	8.030,38	6.884,76	713,32	3.514,39
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	3,0	2,0	6821,06	40.926,33	27.853,77	3.635,38	9.878,68
IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	1,0	2,0	6028,80	12.057,60	8.206,20	1.071,05	2.910,43
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	15.922,92	2.078,21	5.647,26
SE 345 kV LESTE | Substituição dos disjuntores 345 kV (GIS) (Ampliação/Adequação)						**59.311,98**	**46.167,85**	**5.268,53**	**20.757,79**
4° TF 345/138 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ		2022	3,0	1,0	7327,92	21.983,76	18.847,53	1.952,76	9.620,90
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (novo)		2022	1,0	1,0	6821,06	6.821,06	5.847,96	605,90	2.985,14
CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BD4 (novo)		2022	1,0	1,0	4015,19	4.015,19	3.442,38	356,66	1.757,19
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	3,0	1,0	6821,06	20.463,17	13.926,89	1.817,69	4.939,34
IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	1,0	1,0	6028,80	6.028,80	4.103,10	535,52	1.455,21
SE 345 kV MIGUEL REALE | Substituição dos disjuntores 345 kV (GIS) (Ampliação/Adequação)						**139.851,30**	**95.180,44**	**12.422,63**	**33.756,90**
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	6,0	2,0	6821,06	81.852,66	55.707,55	7.270,76	19.757,36
IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	1,0	2,0	6028,80	12.057,60	8.206,20	1.071,05	2.910,43
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	15.922,92	2.078,21	5.647,26
CRB (Conexão de Reator de Barra) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	2,0	2,0	5636,26	22.545,04	15.343,78	2.002,62	5.441,86
LT 345 kV RAMON - SÃO CAETANO DO SUL, C1 | Subterrânera (nova) (Nova)						**262.781,06**	**165.596,64**	**23.342,17**	**48.719,81**
Subterrânea 1600 mm2 CD, 7,0 km		2026	7,0	1,0	30855,58	215.989,06	136.109,75	19.185,75	40.044,54
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	Ramon	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4	São Caetano do Sul	2026	2,0	2,0	5849,00	23.396,00	14.743,45	2.078,21	4.337,64
SE 345 kV INTERLAGOS | Substituição dos disjuntores 345 kV (GIS) (Ampliação/Adequação)						**17.547,00**	**11.942,19**	**1.558,65**	**4.235,44**
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	3,0	1,0	5849,00	17.547,00	11.942,19	1.558,65	4.235,44
SE 345 kV BAIXADA | Substituição dos disjuntores 345 kV (GIS) (Ampliação/Adequação)						**17.726,80**	**12.064,56**	**1.574,63**	**4.278,84**
IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	1,0	1,0	6028,80	6.028,80	4.103,10	535,52	1.455,21
EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)		2025	2,0	1,0	5849,00	11.698,00	7.961,46	1.039,10	2.823,63

As tabelas a seguir indicam, respectivamente, os rendimentos necessários dos investimentos, o diferencial de custos de perdas elétricas e os custos totais associados às alternativas para efeitos de comparação.

Tabela 8-3 Comparação dos Rendimentos Necessários das Alternativas

Alternativa	Rendimentos Necessários		
	Custos (R$ x 1000)	(%)	Ordem
Configuração A	687.224,81	100,0%	1º
Configuração B	754.250,69	109,8%	2º

Tabela 8-4 Custo Diferencial de Perdas (R$ X 1.000)

Alternativa	Perdas		
	Custos (R$ x 1000)	Diferencial	Ordem
Configuração A	32.984.260,73	7.548,63	2º
Configuração B	32.976.712,10	0,00	1º

Tabela 8-5 Comparação Econômica

Alternativa	Rendimentos Necessários + Perdas		
	Custos (R$ x 1000)	(%)	Ordem
Configuração A	694.773,44	100,0%	1º
Configuração B	754.250,69	108,6%	2º

Conforme apresentado na Tabela 8-5, a comparação econômica aponta como vencedora a Configuração A, que constitui o conjunto de obras recomendadas neste estudo.

9 ANÁLISE DE ENERGIZAÇÃO/REJEIÇÃO

Este item apresenta os resultados dos estudos de sobretensões à frequência industrial, realizados com o objetivo de verificar a possibilidade de ocorrência de valores proibitivos de tensões temporárias ou sustentadas, que venham a comprometer os equipamentos conectados ao sistema, em consequência das manobras programadas e/ou intempestivas dos circuitos da região.

De acordo com os critérios de planejamento adotados neste estudo, a máxima tensão sustentada no terminal aberto da linha, durante o processo de energização, não deve ultrapassar 1,10 pu, no nível de tensão de 345kV, conforme Tabela 9-1. Além disso, antes ou após a energização, a tensão no terminal de partida não deve ultrapassar 1,050 pu, no nível de tensão de 345kV, não sendo admitida, também, variação de tensão superior a 5% em nenhuma das barras de conexão terminal.

Tabela 9-1 – Valores máximos admissíveis para tensão em regime permanente na extremidade da linha a ser energizada

Nível de Tensão Nominal (kV)	Tensão Máxima (kV)	Tensão Máxima (pu)
69	75,9	1,10
88	96,8	1,10
138	151,8	1,10
230	253,0	1,10
345	379,5	1,10
440	528,0	1,20
500	600,0	1,20
750	840,0	1,12

9.1 Energização

Nas análises de energização, considerou-se como pior cenário aquele que possui fluxo reduzido nas linhas de transmissão da região em análise, ou seja, na condição de Carga Leve no cenário Norte Exportador no ano 2026.

Devido à proximidade elétrica da região do estudo com a conversora de Ibiúna, adotou-se, como premissa, tensões operativas pré-energização superiores a 1,040 pu na SE 345kV Ibiúna, configurando cenários mais críticos.

Os casos base de fluxo de potência foram ajustados visando manter a tensão no terminal de partida da energização próxima ao maior valor possível em regime permanente, sem causar violação nos limites admissíveis de tensão das demais barras do sistema.

9.1.1 345 kV Sul – São Caetano

Inicialmente, foi considerada a energização da LT 345 kV Sul – São Caetano partindo-se da SE 345 kV Sul com tensão de 1,039 pu, conforme Figura 9-1. Nesta situação, foram obtidas tensões de 1,045 pu na SE 345 kV Sul e 1,047 pu no terminal aberto da SE 345 kV São Caetano. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-2.

Posteriormente, foi considerada a energização da LT 345 kV Sul – São Caetano partindo-se da SE 345 kV São Caetano com tensão de 1,044 pu, também conforme Figura 9-1. Nesta situação, foram obtidas tensões de 1,049 pu na SE 345 kV São Caetano e 1,052 pu no terminal aberto da SE 345 kV Sul. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-3.

Após a energização, a tensão na SE 345kV Sul converge para 1,045 pu enquanto a tensão na SE 345kV São Caetano converge para 1,047 pu, conforme exibido na Figura 9-4.

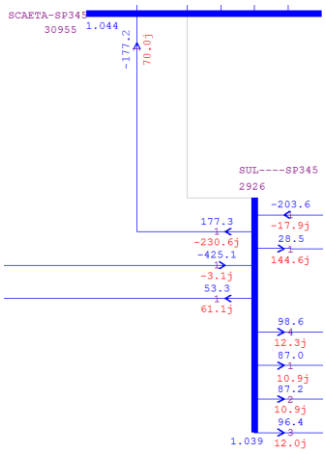


Figura 9-1 – Sistema Pré-energização da LT 345 kV Sul – São Caetano

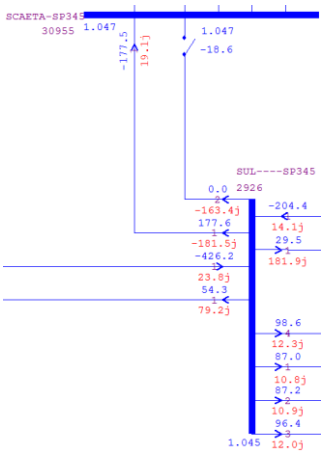


Figura 9-2 – Energização da LT 345 kV Sul – São Caetano a partir da SE Sul

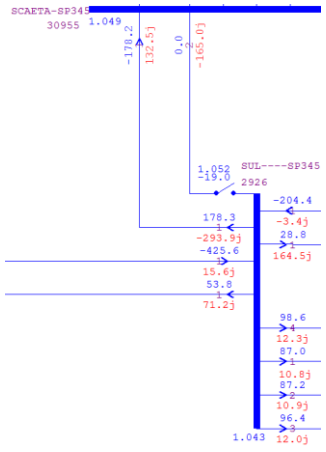


Figura 9-3 - Energização da LT 345 kV Sul – São Caetano a partir da SE São Caetano

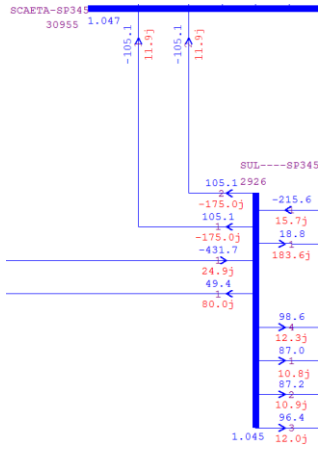


Figura 9-4 - Sistema após energização da LT 345 kV Sul – São Caetano

9.1.2 LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale

Inicialmente foi considerada a energização da LT 345 kV São Caetano do Sul – Miguel Reale partindo da SE São Caetano do Sul 345 kV com tensão de 1,046 pu, conforme Figura 9-5. Nesta situação, foram obtidas tensões de 1,050 pu na SE São Caetano do Sul 345 kV e 1,051 pu no terminal aberto da SE Miguel Reale 345 kV. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-6.

Posteriormente, foi considerada a energização da LT 345 kV São Caetano do Sul – Miguel Reale partindo-se da SE Miguel Reale 345 kV com tensão de 1,043 pu, conforme Figura 9-5. Nesta situação, foram obtidas tensões de 1,047 pu na SE Miguel Reale 345 kV e 1,048 pu no terminal aberto da SE São Caetano do Sul 345 kV. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-7.

Após a energização, a tensão na SE 345kV Miguel Reale converge para 1,047 pu enquanto a tensão na SE 345kV São Caetano do Sul converge para 1,048 pu, conforme exibido na Figura 9-8.

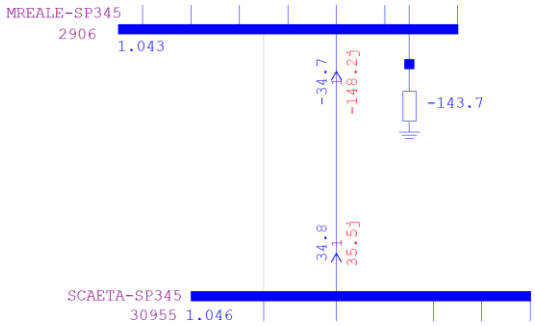


Figura 9-5 - Sistema Pré-energização da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale

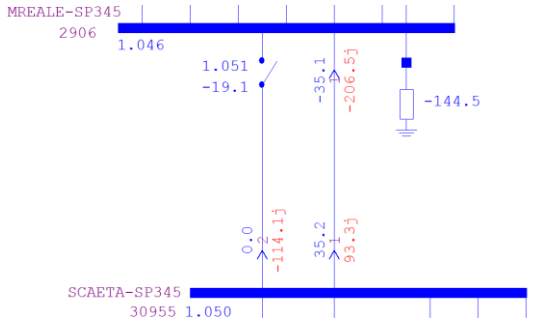


Figura 9-6 - Energização da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale a partir da SE São Caetano

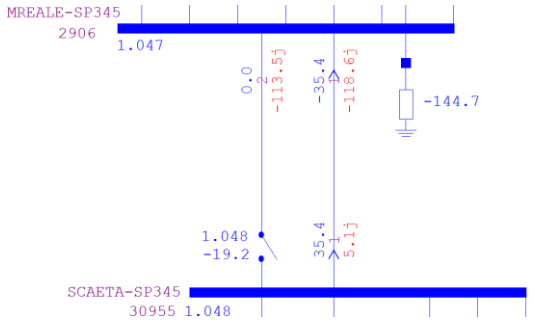


Figura 9-7 - Energização da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale a partir da SE Miguel Reale

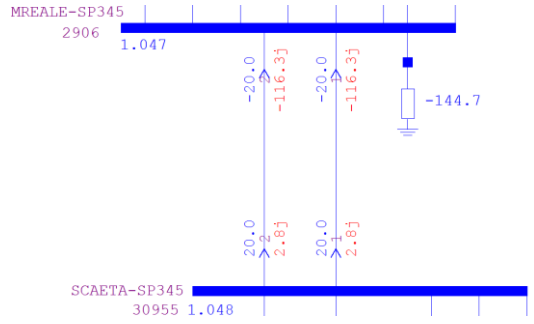


Figura 9-8 – Sistema após a energização da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale

9.1.3 LT 345 kV Miguel Reale - Norte

Em seguida foi considerada a energização da LT 345 kV Miguel Reale – Norte partindo da SE Miguel Reale 345 kV com tensão de 1,044 pu, conforme Figura 9-9. Nesta situação, foram obtidas tensões de 1,050 pu na SE Miguel Reale 345 kV e 1,052 pu no terminal aberto da SE Norte 345 kV. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-10.

Posteriormente, foi considerada a energização da LT 345 kV Miguel Reale – Norte partindo-se da SE Norte 345 kV com tensão de 1,042 pu, conforme Figura 9-9. Nesta situação, foram obtidas tensões de 1,047 pu na SE Norte 345 kV e 1,049 pu no terminal aberto da SE Miguel Reale 345 kV. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-11.

Após a energização, a tensão na SE 345kV Miguel Reale converge para 1,049 pu enquanto a tensão na SE 345kV Norte converge para 1,047 pu, conforme exibido na Figura 9-12.

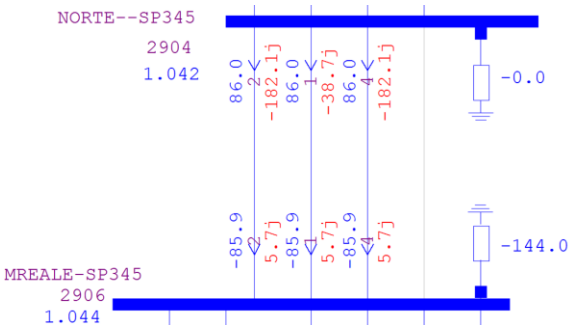


Figura 9-9 – Sistema pré-energização da LT 345kV Miguel Reale – Norte

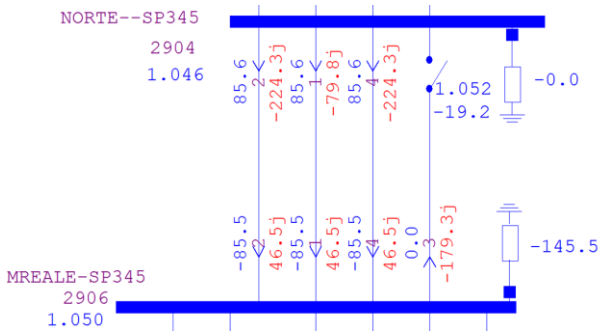


Figura 9-10 – Energização da LT 345kV Miguel Reale – Norte a partir da SE Miguel Reale

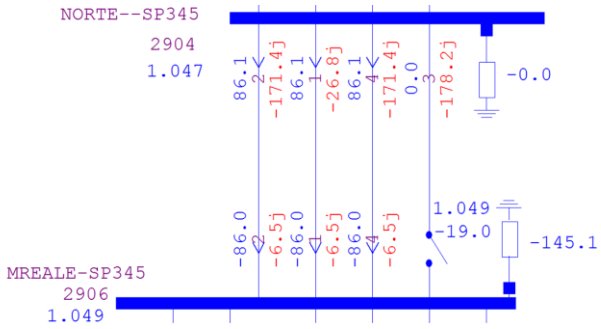


Figura 9-11 - Energização da LT 345kV Miguel Reale – Norte a partir da SE Norte

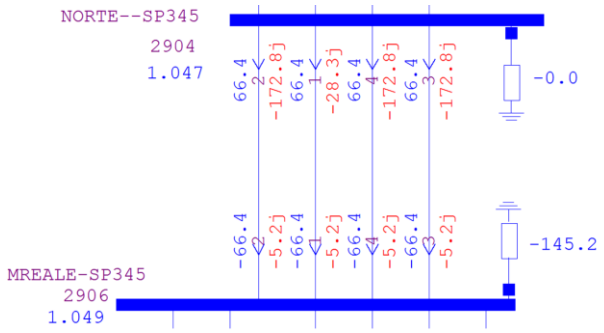


Figura 9-12 – Sistema após a energização da LT 34kV Miguel Reale - Norte

9.1.4 LT 345 kV Norte – São Miguel

Em seguida foi considerada a energização da LT 345 kV Norte – São Miguel partindo da SE Norte 345 kV com tensão de 1,044 pu, conforme Figura 9-13. Nesta situação, foram obtidas tensões de 1,047 pu na SE Norte 345 kV e 1,047 pu no terminal aberto da SE São Miguel 345 kV. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-14.

Posteriormente, foi considerada a energização da LT 345 kV Norte – São Miguel partindo-se da SE São Miguel 345 kV com tensão de 1,044 pu, conforme Figura 9-13. Nesta situação, foram obtidas tensões de 1,047 pu na SE São Miguel 345 kV e 1,048 pu no terminal aberto da SE Norte 345 kV. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-15.

Após a energização, as tensões na SE 345kV São Miguel e na SE 345kV Norte convergem para 1,047 pu, conforme exibido na Figura 9-16.

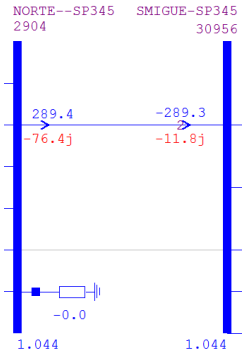


Figura 9-13 - Sistema Pré-energização da LT 345kV Norte – São Miguel

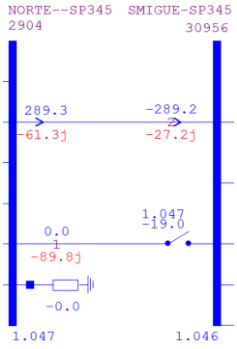


Figura 9-14 - Energização da LT 345kV Norte – São Miguel a partir da SE Norte

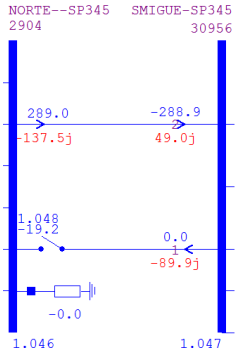


Figura 9-15 - Energização da LT 345kV Norte – São Miguel a partir da SE São Miguel

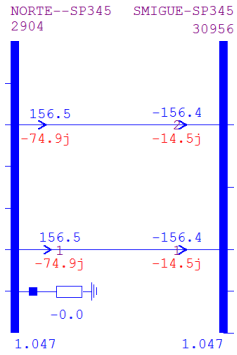


Figura 9-16 – Sistema após energização da LT 345kV Norte – São Miguel

9.1.5 LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho

Em seguida foi considerada a energização da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho partindo da SE São Miguel 345 kV com tensão de 1,044 pu conforme Figura 9-17. Nesta situação, foram

obtidas tensões de 1,47 pu na SE São Miguel 345 kV e 1,048 pu no terminal aberto da SE Ramon Reberte Filho 345 kV. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-18.

Posteriormente, foi considerada a energização da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho partindo-se da SE Ramon Reberte Filho 345 kV com tensão de 1,043 pu, conforme Figura 9-17. Nesta situação, foram obtidas tensões de 1,046 pu na SE Ramon Reberte Filho 345 kV e 1,047 pu no terminal aberto da SE São Miguel 345 kV. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-19.

Após a energização, a tensão na SE 345kV Ramon Reberte Filho converge para 1,046 pu enquanto a tensão na SE 345kV São Miguel converge para 1,047 pu, conforme exibido na Figura 9-20.

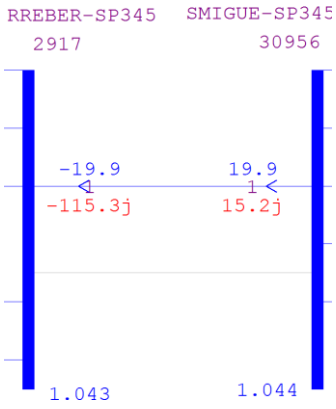


Figura 9-17 - Sistema Pré-energização da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho

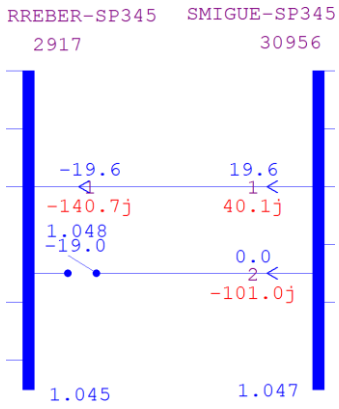


Figura 9-18 - Energização da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho a partir da SE São Miguel

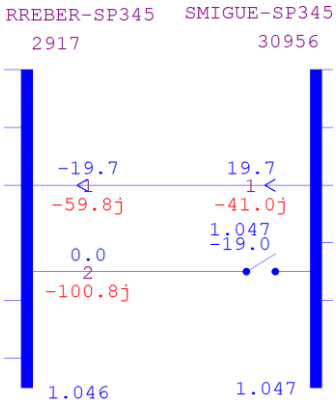


Figura 9-19 - Energização da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho a partir da SE Ramon Reberte Filho

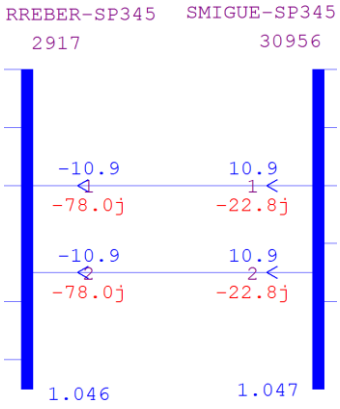


Figura 9-20 – Sistema após a energização da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho

Embora não tenha sido identificada nenhuma violação dos critérios de tensão em regime permanente, foi realizada uma avaliação, utilizando ferramenta de análise de estabilidade transitória eletromecânica, visando identificar a ocorrência de sobretensões dinâmicas durante a energização

das linhas. As análises partiram dos mesmos pontos de operação avaliados nos estudos de regime permanente.

A sequência de eventos aplicada ao caso é ilustrada na Figura 9-21, a qual exemplifica a simulação da energização da LT 345kV Miguel Reale – Norte a partir da SE Miguel Reale. Inicialmente, a linha de transmissão encontra-se desligada, em 5.0s de simulação é aplicado evento de fechamento do terminal da SE Miguel Reale e em 10.0s de simulação é aplicado o evento de fechamento do terminal da SE Norte.

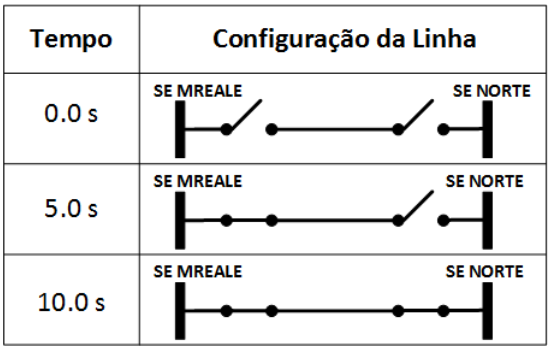


Figura 9-21 – Sequência de eventos aplicada durante a simulação dinâmica

A Figura 9-22 exibe a tensão nos terminais da linha e nas subestações onde ela se conecta, durante a simulação da energização.

Em 5.0s de simulação, após o fechamento do terminal da LT conectado a SE Miguel Reale, observa-se que a máxima tensão dinâmica ocorre no terminal aberto da linha, o qual atinge 1,056 pu, estabilizando em 1,052 pu, em regime permanente.

Após a energização completa da LT, em 10.0s de simulação, a tensão na SE Miguel Reale estabiliza em 1,049 pu e a tensão em SE Norte estabiliza em 1,047 pu, valores compatíveis com os verificados na análise em regime permanente.

A Tabela 9-2 exibe as máximas sobretensões dinâmicas em terminal aberto durante a energização das linhas avaliadas no estudo.

Nota-se que, para todos os casos de energização em análise, não foram violados os critérios de desempenho pré-definidos, uma vez que a máxima tensão dinâmica nos terminais abertos não ultrapassou 1,1 pu e a tensão nos terminais de partida da energização não superou 1,05 pu em regime permanente.

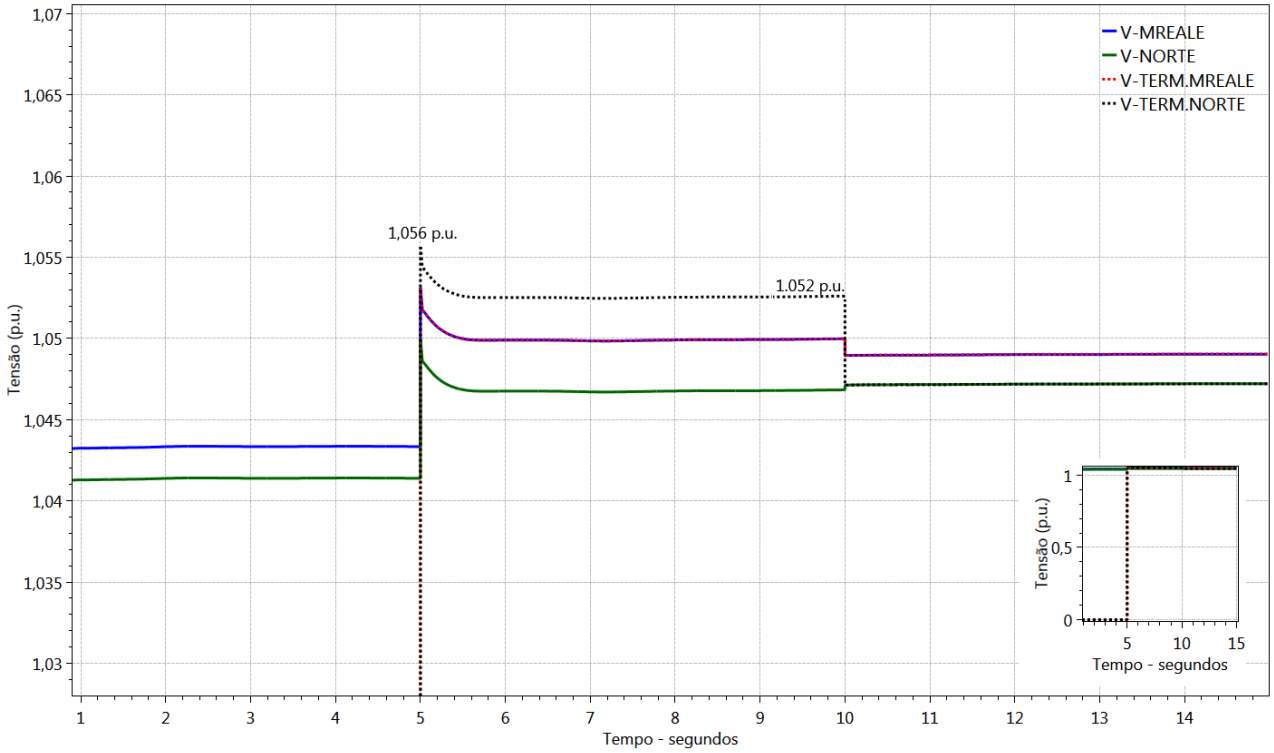


Figura 9-22 – Resultado da simulação dinâmica de energização da LT 345kV Miguel Reale – Norte

Tabela 9-2 – Máximas sobretensões dinâmicas durante a energização

Linha de Transmissão Energizada	Terminal de Partida	Máxima Tensão Dinâmica no Terminal Aberto
LT Sul - São Caetano 345kV	SE 345kV São Caetano	1,051 pu
	SE 345kV Sul	1,055 pu
LT São Caetano – Miguel Reale 345kV	SE 345kV São Caetano	1,052 pu
	SE 345kV Miguel Reale	1,050 pu
LT Miguel Reale – Norte 345kV	SE 345kV Miguel Reale	1,056 pu
	SE 345kV Norte	1,053 pu
LT Norte – São Miguel 345kV	SE 345kV Norte	1,049 pu
	SE 345kV São Miguel	1,050 pu
LT São Miguel – Ramon Reberte Filho 345kV	SE 345kV São Miguel	1,050 pu
	SE 345kV Ramon Reberte Filho	1,049 pu

9.2 Rejeição de Carga

As análises de rejeição de carga visam verificar a existência de sobretensões acima da suportabilidade dos equipamentos associados quando de aberturas intempestivas em um dos terminais das linhas de transmissão em questão. A situação mais crítica é a abertura de apenas um destes terminais, devido a uma atuação da proteção ou falha humana.

Foi considerada a análise de rejeição no ano 2026, no patamar de Carga Pesada no cenário Norte Exportador, onde os fluxos nas linhas de transmissão são elevados.

9.2.1 LT 345 kV Sul – São Caetano

A condição pré-rejeição de um dos circuitos da LT 345 kV Sul – São Caetano é mostrada na Figura 9-23. Com a abertura intempestiva do disjuntor do terminal da SE Sul, obteve-se tensões de 1,048 pu na SE 345 kV São Caetano e 1,050 pu no terminal aberto na SE 345 kV Sul. Já com a abertura intempestiva do disjuntor do terminal da SE São Caetano, obteve-se tensões de 1,048 pu na SE 345 kV Sul e 1,050 pu no terminal aberto na SE 345 kV São Caetano. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-24 e na Figura 9-25.

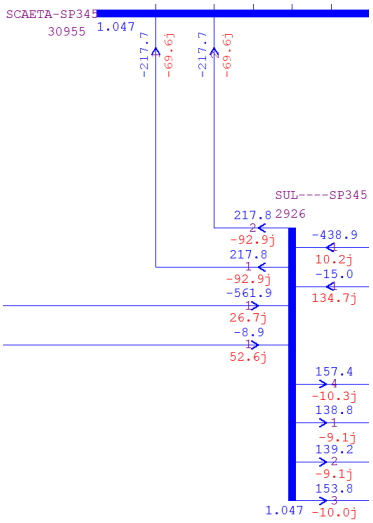


Figura 9-23 – Sistema Pré-rejeição da LT 345 kV Sul - São Caetano

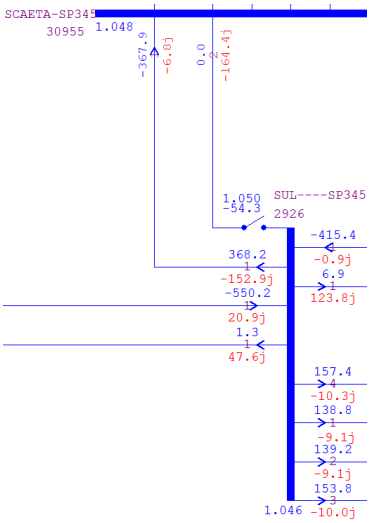


Figura 9-24 – Rejeição da LT 345 kV Sul - São Caetano abertura intempestiva disjuntor da SE Sul

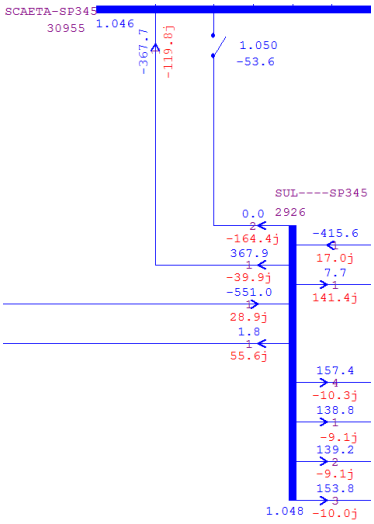


Figura 9-25 – Rejeição da LT 345 kV Sul - São Caetano abertura intempestiva disjuntor da SE São Caetano

No caso de rejeição dupla da LT 345 kV Sul – São Caetano as tensões de partida máximas são as apresentadas na Figura 9-26. As tensões obtidas com a abertura intempestiva dos dois disjuntores da SE Sul e da SE São Caetano são apresentadas na Figura 9-27 e na Figura 9-28 respectivamente.

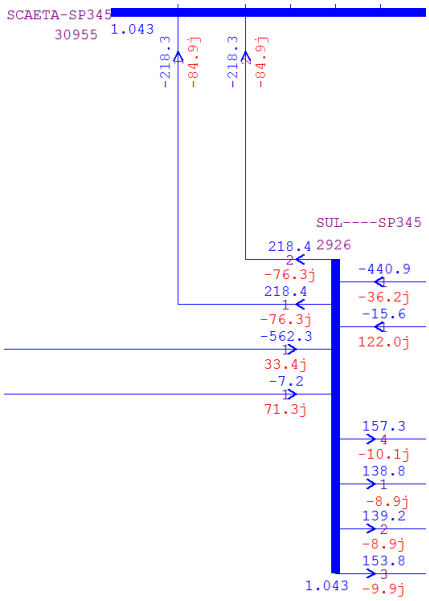


Figura 9-26 – Sistema Pré-rejeição dupla da LT 345 kV Sul - São Caetano

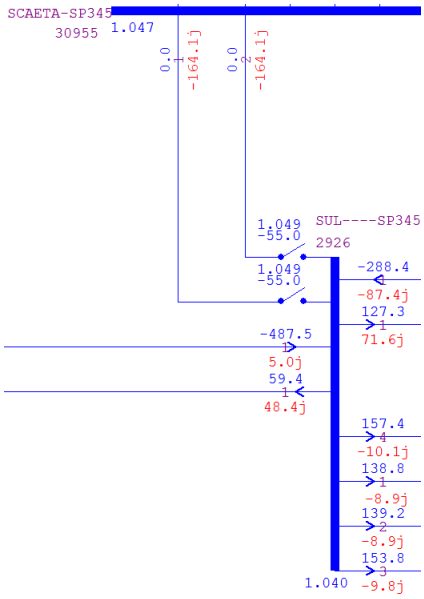


Figura 9-27 – Rejeição dupla da LT 345 kV Sul - São Caetano abertura intempestiva disjuntor da SE Sul

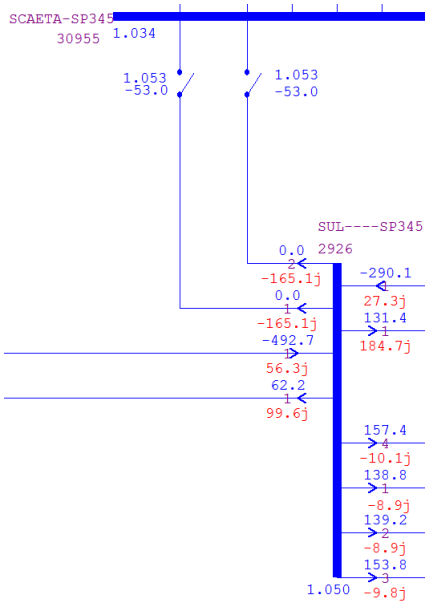


Figura 9-28 – Rejeição dupla da LT 345 kV Sul - São Caetano abertura intempestiva disjuntor da SE São Caetano

9.2.2 LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale

A condição pré-rejeição de um dos circuitos da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale é mostrada na Figura 9-29. Com a abertura intempestiva do disjuntor do terminal da SE São Caetano, obteve-se tensões de 1,045 pu na SE 345 kV Miguel Reale e 1,046 pu no terminal aberto na SE 345 kV São Caetano. Já com a abertura intempestiva do disjuntor do terminal da SE Miguel Reale, obteve-se tensões de 1,048 pu na SE 345 kV São Caetano e 1,050 pu no terminal aberto na SE 345 kV Miguel Reale. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-30 e Figura 9-31.

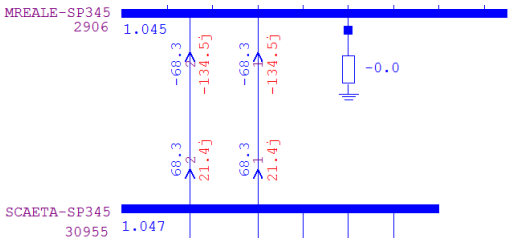


Figura 9-29 – Sistema Pré-rejeição da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale

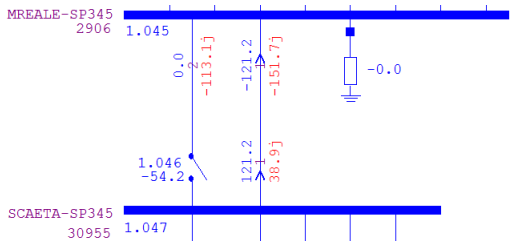


Figura 9-30 – Rejeição da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale abertura intempestiva disjuntor da SE São Caetano

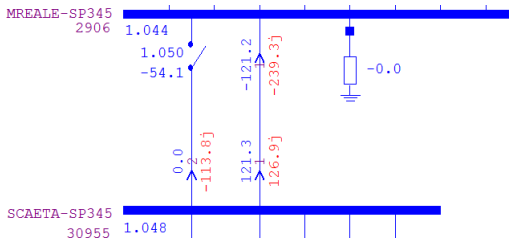


Figura 9-31 – Rejeição da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale abertura intempestiva disjuntor da SE Miguel Reale

No caso de rejeição dupla da LT 345 kV São Caetano - Miguel Reale as tensões de partida máximas são apresentadas na Figura 9-32. As tensões obtidas com a abertura intempestiva dos dois disjuntores da SE São Caetano e da SE Miguel Reale são apresentadas na Figura 9-33 e na Figura 9-34, respectivamente.

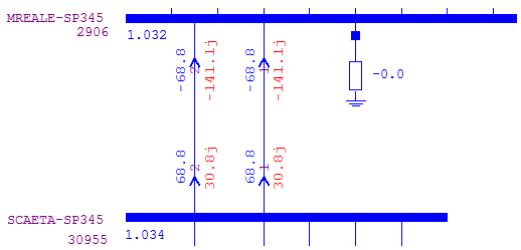


Figura 9-32 – Rejeição dupla da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale abertura intempestiva disjuntor da SE São Caetano

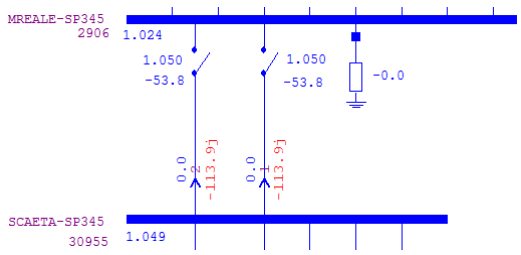


Figura 9-33 – Rejeição dupla da LT 345 kV São Caetano – Miguel Reale abertura intempestiva disjuntor da SE Miguel Reale

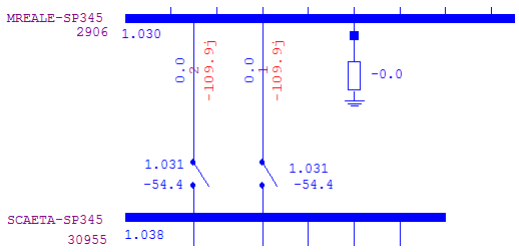


Figura 9-34 – Rejeição dupla da LT 345kV São Caetano – Miguel Reale abertura intempestiva disjuntor da SE São Caetano

9.2.3 LT 345 kV Miguel Reale – Norte

A condição pré-rejeição de um dos circuitos da LT 345 kV Miguel Reale - Norte é mostrada na Figura 9-35. Com a abertura intempestiva do disjuntor do terminal da SE Miguel Reale, obteve-se tensões de 1,044 pu na SE Norte 345 kV e 1,046 pu no terminal aberto na SE Miguel Reale 345 kV. Já com a abertura intempestiva do disjuntor do terminal da SE Norte, obteve-se tensões de 1,046 pu na SE Miguel Reale 345 kV e 1,049 pu no terminal aberto na SE Norte 345 kV. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-36 e Figura 9-37.

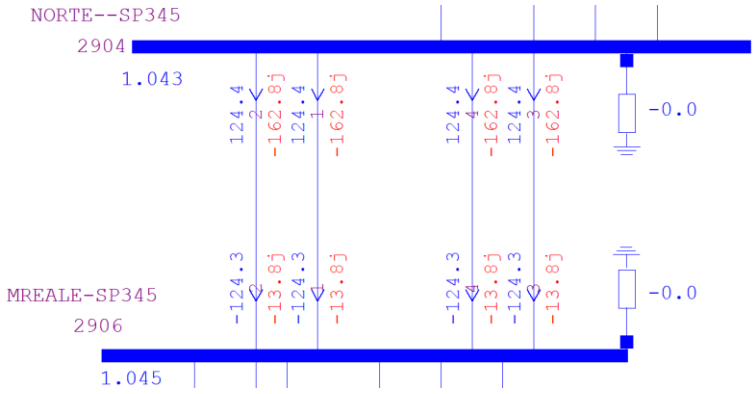


Figura 9-35 – Sistema Pré-rejeição da LT 345 kV Miguel Reale - Norte

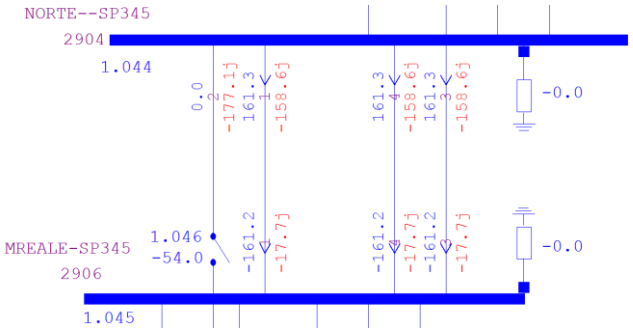


Figura 9-36 – Rejeição da LT 345 kV Miguel Reale – Norte abertura intempestiva disjuntor da SE Miguel Reale

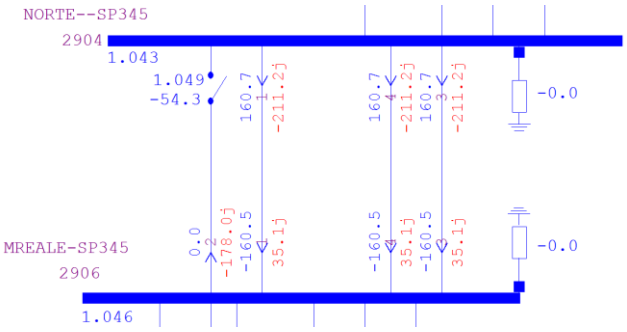


Figura 9-37 – Rejeição da LT 345 kV Miguel Reale – Norte abertura intempestiva disjuntor da SE Norte

No caso de rejeição dupla da LT 345 kV Miguel Reale – Norte as tensões de partida máximas são as mesmas apresentadas na Figura 9-35. As tensões obtidas com a abertura intempestiva dos dois disjuntores da SE São Caetano e da SE Miguel Reale são apresentadas na Figura 9-38 e na Figura 9-39 respectivamente.

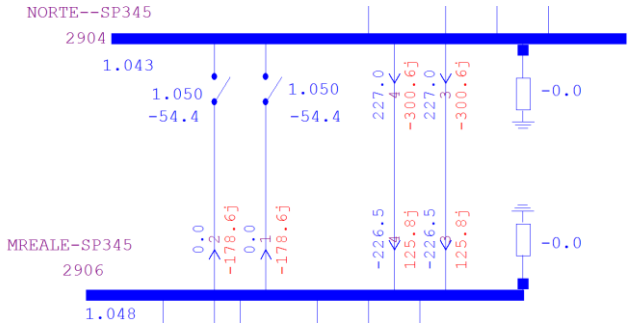


Figura 9-38 - Rejeição dupla da LT 345 kV Miguel Reale – Norte abertura intempestiva disjuntor da SE Norte

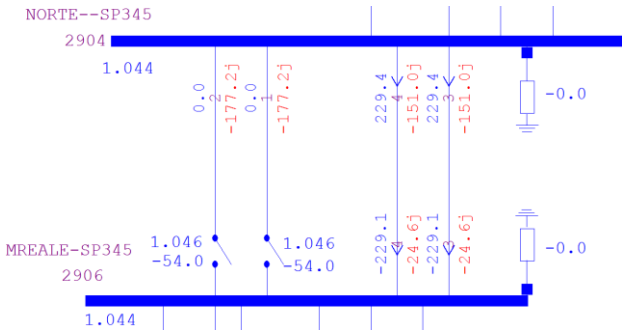


Figura 9-39 - Rejeição da LT 345 kV Miguel Reale – Norte abertura intempestiva disjuntor da SE Miguel Reale

9.2.4 LT 345 kV Norte – São Miguel

A condição pré-rejeição de um dos circuitos da LT 345 kV Norte – São Miguel é mostrada na Figura 9-40. Com a abertura intempestiva do disjuntor do terminal da SE Norte, obteve-se tensões de 1,042 pu na SE São Miguel 440 kV e 1,043 pu no terminal aberto na SE Norte 345 kV. Já com a abertura intempestiva do disjuntor do terminal São Miguel, obteve-se tensões de 1,044 pu na SE 345 kV Norte e 1,044 pu no terminal aberto na SE São Miguel 345 kV. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-41 e Figura 9-42.

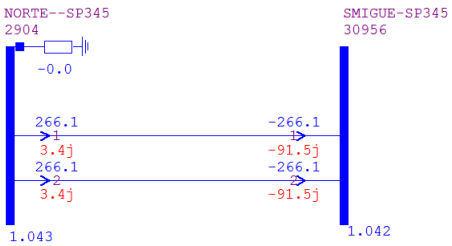


Figura 9-40 – Sistema Pré-rejeição da LT 345 kV Norte – São Miguel

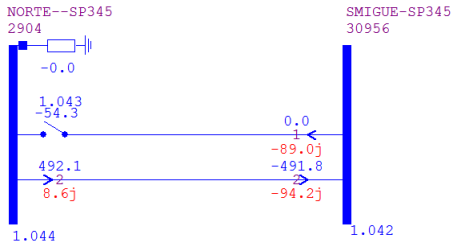


Figura 9-41 – Rejeição da LT 345 kV Norte – São Miguel abertura intempestiva disjuntor da SE Norte

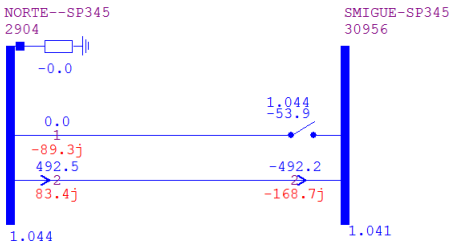


Figura 9-42 - Rejeição da LT 345 kV Norte – São Miguel abertura intempestiva disjuntor da SE São Miguel

No caso de rejeição dupla da LT 345 kV Norte – São Miguel as tensões de partida são as mesmas apresentadas na Figura 9-43. As tensões obtidas com a abertura intempestiva dos dois disjuntores da SE Norte e da SE São Miguel são apresentadas na Figura 9-44 e na Figura 9-45, respectivamente.

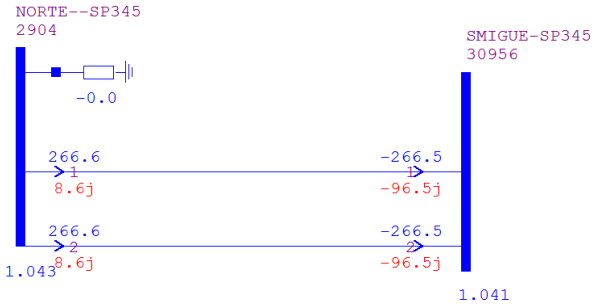


Figura 9-43 – Sistema Pré-rejeição dupla da LT 345 kV Norte – São Miguel

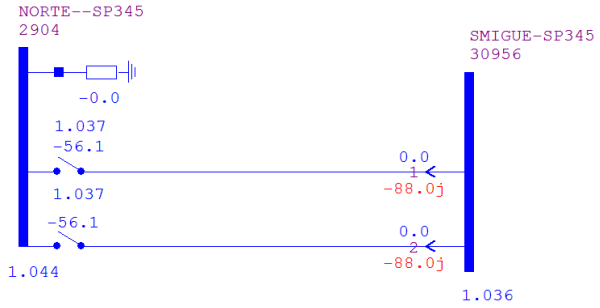


Figura 9-44 – Rejeição dupla da LT 345 kV Norte – São Miguel abertura intempestiva disjuntor da SE Norte

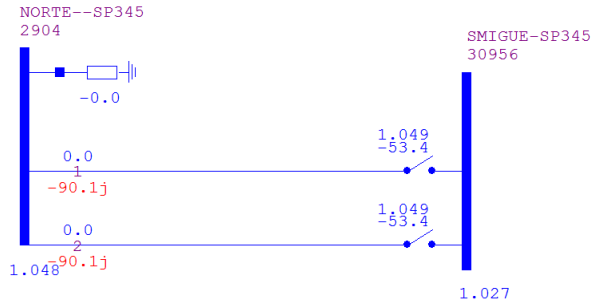


Figura 9-45 - Rejeição dupla da LT 345 kV Norte – São Miguel abertura intempestiva disjuntor da SE São Miguel

9.2.5 LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho

A condição pré-rejeição de um dos circuitos da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho é mostrada na Figura 9-46. Com a abertura intempestiva do disjuntor do terminal da SE São Miguel, obteve-se tensões de 1,044 pu na SE Ramon Reberte Filho 345 kV e 1,045 pu no terminal aberto na SE São Miguel 345 kV. Já com a abertura intempestiva do disjuntor do terminal Ramon Reberte Filho, obteve-se tensões de 1,043 pu na SE 345 kV São Miguel e 1,044 pu no terminal aberto na SE

Ramon Reberte Filho 345 kV. Os resultados dessas simulações são apresentados na Figura 9-47 e Figura 9-48.

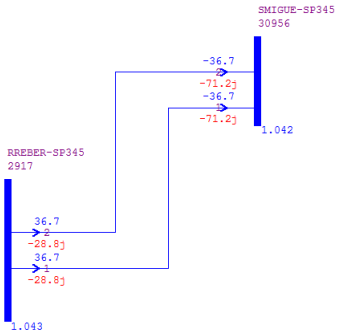


Figura 9-46 – Sistema Pré-rejeição da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho

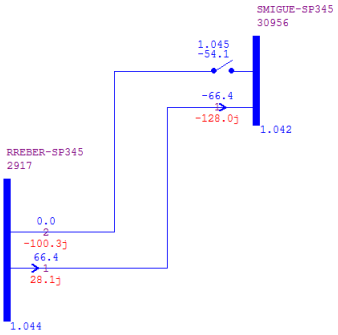


Figura 9-47 – Rejeição da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho abertura intempestiva disjuntor da SE São Miguel

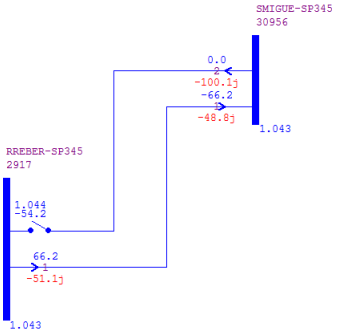


Figura 9-48 - Rejeição da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho abertura intempestiva disjuntor da SE Ramon Reberte Filho

No caso de rejeição dupla da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho as tensões de partida máximas são apresentadas na Figura 9-46. Figura 9-26 As tensões obtidas com a abertura intempestiva dos dois disjuntores da SE São Miguel e da SE Ramon Reberte Filho são apresentadas na Figura 9-49 e na Figura 9-50, respectivamente.

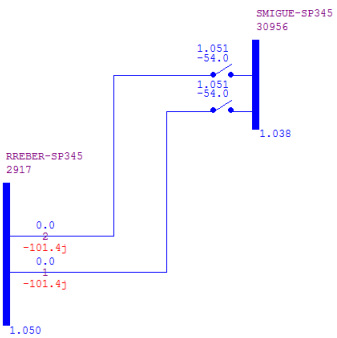


Figura 9-49 – Rejeição dupla da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho abertura intempestiva disjuntor da SE São Miguel

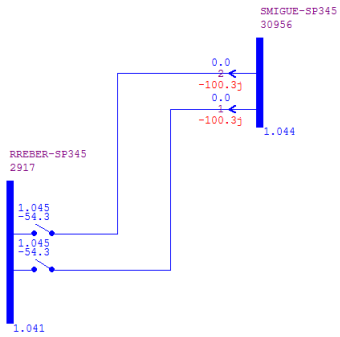


Figura 9-50 – Rejeição dupla da LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho abertura intempestiva disjuntor da SE Ramon Reberte Filho

A Tabela 9-3 detalha as máximas tensões dinâmicas encontradas após a análise em programa de estabilidade eletromecânica, evidenciando que não houve violação dos critérios de desempenho, uma vez que a máxima tensão dinâmica em terminal aberto não ultrapassou 1,1 pu e a tensão nas subestações de conexão das linhas não ultrapassou 1,050 pu durante a simulação das manobras de rejeição.

Tabela 9-3 – Máxima tensão dinâmica em terminal aberto durante a rejeição

Linha de Transmissão Energizada	Tipo de Rejeição	Terminal Aberto	Máxima Tensão Dinâmica no Terminal Aberto (pu)
LT Sul - São Caetano 345kV	Simples	SE 345kV São Caetano	1.050
		SE 345kV Sul	1.050
	Dupla	SE 345kV São Caetano	1.053
		SE 345kV Sul	1.049
LT São Caetano – Miguel Reale 345kV	Simples	SE 345kV São Caetano	1.047
		SE 345kV Miguel Reale	1.050
	Dupla	SE 345kV São Caetano	1.031
		SE 345kV Miguel Reale	1.050
LT Miguel Reale – Norte 345kV	Simples	SE 345kV Miguel Reale	1.046
		SE 345kV Norte	1.049
	Dupla	SE 345kV Miguel Reale	1.046
		SE 345kV Norte	1.050
LT Norte – São Miguel 345kV	Simples	SE 345kV Norte	1.043
		SE 345kV São Miguel	1.044
	Dupla	SE 345kV Norte	1.037
		SE 345kV São Miguel	1.049
LT São Miguel – R. Reberte Filho 345kV	Simples	SE 345kV São Miguel	1.045
		SE 345kV R. Reberte Filho	1.044
	Dupla	SE 345kV São Miguel	1.051
		SE 345kV R. Reberte Filho	1.045

9.3 Considerações

De acordo com os critérios utilizados para as análises de energização e rejeição, não foram observadas violações de tensão no sistema com a configuração de reatores utilizada.

10 ANÁLISE DE CURTO-CIRCUITO

A avaliação de superação de disjuntores em subestações existentes tem o intuito de identificar quais subestações têm o nível de curto-circuito fortemente impactado com o fechamento do anel 345 kV.

Buscou-se levantar o quantitativo de disjuntores superados, possibilitando ponderar se a utilização de reatores limitadores de curto-circuito (RLCC) poderia vir a ser uma solução adotada, uma vez que a aplicação desses equipamentos reduz a necessidade de troca de disjuntores. Por outro lado, esses equipamentos podem influenciar de forma significativa na distribuição dos fluxos na rede, a ponto de agravar o desempenho do sistema e inviabilizar o fechamento do anel.

Considerando o sistema conforme a configuração adotada (Configuração A), têm-se os seguintes resultados das simulações de curto-circuito.

Tabela 10-1 – Análise Mínimo Disjuntor – Configuração A

IDENTIFICAÇÃO			DISJUNTOR	FASE-TERRA			TRIFÁSICO		
Barra de Referência		kV	Nom (kA)	Calc.	Calc./Nom.	X/R	Calc.	Calc./Nom.	X/R
19720	SANGELO 345	345	40	30,28	75,7%	8,2	37,89	94,7%	14,1
19800	BAIXADA 345	345	40	39,45	98,6%	10,4	40,16	100,4%	14,1
20000	LESTE 345	345	40	40,99	102,5%	8,3	39,53	98,8%	14,3
20010	LESTE 88	88	31,5	14,35	45,6%	100,2	25,90	82,2%	31,7
20020	M.REALE 345	345	40	50,67	126,7%	10,5	41,91	104,8%	13,8
20030	M.REALE 88	88	40	15,99	40,0%	90,1	29,16	72,9%	32,9
20060	NORTE 345	345	63	54,85	87,1%	11,8	45,92	72,9%	15,5
20069	NORTE 88B	88	31,5	19,87	63,1%	134,8	29,35	93,2%	60,6
20080	R.REBERT345	345	31,5	47,72	151,5%	9,4	39,88	126,6%	14,4
20090	R.REBERT 88	88	40	17,10	42,8%	90,1	28,72	71,8%	30,8
20100	SUL 345	345	50	47,01	94,0%	7,7	40,45	80,9%	14,3
20110	SUL 88A	88	31,5	24,86	78,9%	65,2	34,35	109,0%	31,3
20111	SUL 88B	88	31,5	24,86	78,9%	65,2	34,35	109,0%	31,3
20200	INTERLAG345	345	40	40,36	100,9%	11,2	40,70	101,8%	17,3
81955	SCAETA-SP345	345		47,67		9,5	39,50		13,8
81956	SMIGUE-SP345	345		50,60		10,7	42,04		14,8

LEGENDA	
	Alerta (90% ≤ kA < 100%)
	Superado (kA ≥ 100%)

De acordo com a análise de mínimo disjuntor, Tabela 10-1, nota-se que o fechamento do anel 345 kV provoca superação de disjuntores nas subestações Baixada Santista (345 kV), Leste (345 kV), Miguel Reale (345 kV), Sul (88 kV), Interlagos (345 kV) e Ramon Rebert Filho (345 kV). Em complemento, realizou-se a análise de *line-out,* Tabela 10-2, com o intuito de identificar o quantitativo de disjuntores superados.

Observa-se que a superação dos disjuntores da SE Sul já havia sido detectada em estudo anterior e está relacionada ao fechamento da barra de 88 kV desta SE. A obra de substituição desses disjuntores foi consolidada no POTEE 2018 e está em processo de autorização na ANEEL.

Tabela 10-2 – Análise *line-out* – Configuração A

ANÁLISE DE CURTO - CIRCUITO (LINE-OUT) - ANO 2026																		
IDENTIFICAÇÃO							DISJUNTOR			CURTO - CIRCUITO (kA)								
								SIM	ASSIM	TRIFÁSICO			FASE-TERRA			ASSIMÉTRICO		
Barra de Referência			Barra de Contribuição			kV	NIO	Rms (1)	Pico (2)	Calc. (kA)	Calc./Nom.	X/R	Calc. (kA)	Calc./Nom.	X/R	Pico (6)	[6/2]	
19800	BAIXADA 345		-----			345				40,16		13,95	39,45		10,39	102,14		
			155	T.PRETO 345A	2	345	10	50	129	35,72	71,45%	13,30	35,75	71,50%	10,78	88,34	68,48%	
			2364	T.PRETO 345B	3	345	33	50	129	35,79	71,58%	13,30	35,28	70,56%	11,21	90,58	70,22%	
			18014	D.RANGONI345	1	345	NOVO			38,59		14,30	38,14		10,58	98,38		
			19480	EMBUGUACU345	1	345	6	40	103,2	36,89	92,22%	13,95	36,95	92,36%	10,78	91,29	88,46%	
			19800	PARALELO	1	345	24-1	40	103,2	40,16	100,40%	13,95	39,45	98,62%	10,39	102,14	98,98%	
			19800	BAIXADA	2	345	24-2	50	129	40,16	80,32%	13,95	39,45	78,89%	10,39	102,14	79,18%	
			19801	T#BSA345230	1	345	5	40	103,2	37,61	94,03%	13,30	35,94	89,86%	9,51	95,19	92,24%	
			19803	T#BSA345 88C	1	345	11	40	103,2	39,97	99,91%	14,30	38,21	95,53%	9,85	101,90	98,74%	
			19804	T#BSA345 88D	1	345	12	40	103,2	39,97	99,92%	14,30	38,22	95,55%	9,85	101,90	98,74%	
			19805	T#BSA345 88E	1	345	34	50	129	39,96	79,92%	14,30	38,20	76,40%	9,85	101,89	78,98%	
			19806	A#BSASUL345	1	345	7	40	103,2	35,05	87,63%	13,62	34,89	87,24%	11,21	88,94	86,18%	
			19920	COSIPA	1	345	9	40	103,2	40,16	100,40%	13,95	39,38	98,44%	10,39	102,14	98,98%	
			19920	COSIPA	2	345	8	40	103,2	40,16	100,40%	13,95	39,38	98,44%	10,39	102,14	98,98%	
20000	LESTE 345		-----			345				39,53		14,30	40,99		8,39	97,83		
			155	T.PRETO 345A	3	345	3	40	103,2	35,45	88,62%	13,95	37,75	94,38%	8,64	90,51	87,71%	
			2364	T.PRETO 345B	1	345	1	40	103,2	36,69	91,72%	13,95	38,68	96,71%	8,51	92,53	89,66%	
			2364	T.PRETO 345B	2	345	2	40	103,2	36,51	91,26%	13,95	38,70	96,75%	8,51	92,57	89,70%	
			20000	PARALELO	1	345	24-1	40	103,2	39,53	98,83%	14,30	40,23	100,57%	7,92	95,15	92,20%	
			20002	T#LES345 88B	1	345	8	40	103,2	39,53	98,83%	14,30	40,23	100,57%	7,92	95,15	92,20%	
			20003	T#LES345 88C	1	345	7	40	103,2	39,53	98,83%	14,30	40,23	100,57%	7,92	95,15	92,20%	
			20004	T#LES345 88D	1	345	6	40	103,2	39,53	98,83%	14,30	40,22	100,56%	7,92	95,14	92,19%	
			20005	T#LES345 88E	1	345	NOVO			39,53	#DIV/0!	14,30	40,23		7,92	95,15		
			20080	R.REBERT 345	1	345	4	40	103,2	38,08	95,20%	14,30	38,95	97,39%	8,64	93,39	90,50%	
			20080	R.REBERT 345	2	345	5	40	103,2	38,08	95,20%	14,30	38,95	97,39%	8,64	93,39	90,50%	
20020	M.REALE 345		-----			345				41,92		13,62	50,67		10,58	124,92		
			0	REATOR	1	345	7	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,65	126,62%	10,58	124,86	120,06%	
			0	REATOR	7	345	10	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,65	126,62%	10,58	124,86	120,06%	
			20020	PARALELO	1	345	24-1	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,67	126,69%	10,58	124,92	120,12%	
			20021	T#MRE345 20A	1	345	5	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,58	126,46%	10,39	124,40	119,62%	
			20022	T#MRE345 20B	1	345	8	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,58	126,45%	10,39	124,40	119,61%	
			-	TR - 3 (Futuro)		345	11	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,58	126,45%	10,39	124,40	119,61%	
			20023	T#MRE345 88D	1	345	6	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,33	125,83%	10,39	123,78	119,02%	
			20028	T#MRE345 88F	1	345	12	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,33	125,83%	10,39	123,79	119,03%	
			20028	TR - 5 (Futuro)	1	345	9	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,33	125,83%	10,39	123,79	119,03%	
			20060	NORTE 345	1	345	1	40	104	40,74	101,85%	13,30	49,34	123,35%	10,02	120,78	116,14%	
			20060	NORTE 345	2	345	2	40	104	40,74	101,85%	13,30	49,34	123,35%	10,02	120,78	116,14%	
			20060	NORTE 345	3	345	3	40	104	40,72	101,81%	13,30	49,33	123,31%	10,02	120,74	116,10%	
			20060	NORTE 345	4	345	4	40	104	40,72	101,81%	13,30	49,33	123,31%	10,02	120,74	116,10%	
			81955	SCAETA-SP345	1	345	NOVO			40,98		13,62	49,58		10,02	121,37		
			81955	SCAETA-SP345	2	345	NOVO			40,98		13,62	49,58		10,02	121,37		
20080	R.REBERT345		-----			345				39,88		14,30	47,72		9,36	115,73		
			20000	LESTE 345	1	345	1	31,5	81,27	38,67	122,77%	14,30	46,48	147,54%	9,36	112,71	138,69%	
			20000	LESTE 345	2	345	2	31,5	81,27	38,67	122,77%	14,30	46,48	147,54%	9,36	112,71	138,69%	
			20080	PARALELO	1	345	24-1	31,5	81,27	39,88	126,59%	14,30	47,36	150,35%	9,06	114,33	140,68%	
			20081	T#RRF345 88A	1	345	3	31,5	81,27	39,88	126,59%	14,30	47,36	150,35%	9,06	114,33	140,68%	
			20082	T#RRF345 88B	1	345	6	31,5	81,27	39,88	126,59%	14,30	47,36	150,33%	9,06	114,32	140,66%	
			20083	T#RRF345 88C	1	345	4	31,5	81,27	39,88	126,59%	14,30	47,36	150,35%	9,06	114,33	140,68%	
			20084	T#RRF345 88D	1	345	NOVO			39,88		14,30	47,36		9,06	114,33		
			81956	SMIGUE-SP345	1	345	NOVO			37,47		13,95	44,64		8,39	106,54		
			81956	SMIGUE-SP345	2	345	NOVO			37,47		13,95	44,64		8,39	106,54		
20200	INTERLAG345		-----			345				40,70		17,34	40,36		11,21	105,58		
			0	BCO 1A/2A	1	345	24	50	129	40,70	81,40%	17,34	40,45	80,89%	11,21	105,58	81,85%	
			0		2	345				40,70		17,34	40,47		11,21	105,58		
			203	IBIUNA 345	1	345	12 E 17	40	103,2	38,21	95,54%	16,83	38,58	96,44%	11,21	95,78	92,81%	
			203	IBIUNA 345	2	345	8 E 15	40	103,2	38,21	95,54%	16,83	38,58	96,44%	11,21	95,78	92,81%	
			19480	EMBUGUACU345	1	345	6 E 14	40	103,2	38,27	95,68%	17,34	38,50	96,26%	11,43	95,82	92,85%	
			19480	EMBUGUACU345	2	345	4 E 13	40	103,2	38,27	95,68%	17,34	38,51	96,27%	11,43	95,84	92,87%	
			20201	T#INT345230A	1	345	7 E 15	40	103,2	39,44	98,61%	16,83	38,78	96,95%	10,78	102,07	98,91%	
			20202	T#INT345230B	1	345	9 e 16	50	129	39,46	78,91%	16,83	38,79	77,59%	10,78	102,10	79,15%	
			20280	XAVANTES345	1	345	3 E 13	40	103,2	40,39	100,97%	17,34	39,96	99,90%	10,99	104,77	101,53%	
			20280	XAVANTES345	2	345	5	40	103,2	40,39	100,97%	17,34	39,96	99,90%	10,99	104,77	101,53%	
			20390	PIRATI345KV	1	345	10 E 16	50	129	40,69	81,38%	17,34	40,29	80,58%	11,21	105,56	81,83%	
			20390	PIRATI345KV	2	345	25E26NA	63	162,54	40,69	64,59%	17,34	40,29	63,95%	11,21	105,56	64,94%	

LEGENDA	
	Alerta (90% ≤ kA < 100%)
	Superado (kA ≥ 100%)

Como resultado da análise de *line-out*, tem-se a indicação de um total de 27 disjuntores superados, sendo três (3) na SE Baixada 345 kV, quatro (4) na SE Leste 345 kV, onze (11) na SE Miguel Reale 345 kV, três (3) na SE Interlagos 345 kV e seis (6) na SE Ramon 345 kV.

Devido ao elevado número de disjuntores superados decorrente do fechamento do anel 345 kV, foram testadas alternativas considerando a aplicação de RLCC na rede de 345 kV para a minimização do quantitativo de disjuntores superados. Porém, devido ao efeito desse equipamento no desempenho elétrico do sistema em função da sua reatância, tornou-se necessário realizar, paralelamente, estudo de regime permanente, de modo a identificar eventuais problemas de redistribuição de fluxos provocados pelo RLCC.

Dentre as diversas alternativas analisadas, nas quais se buscou variar o valor da reatância, a forma de conexão (série com LT ou seção de barramento) e a subestação de instalação do RLCC, selecionou-se apenas uma alternativa cujo efeito do reator não alterou de forma significativa o desempenho em regime normal do sistema. Esta alternativa contempla a aplicação de dois RLCC de seção de barramento, ambos de 30 Ω, sendo cada um deles instalado nas novas subestações. O diagrama a seguir apresenta o detalhamento da alternativa.

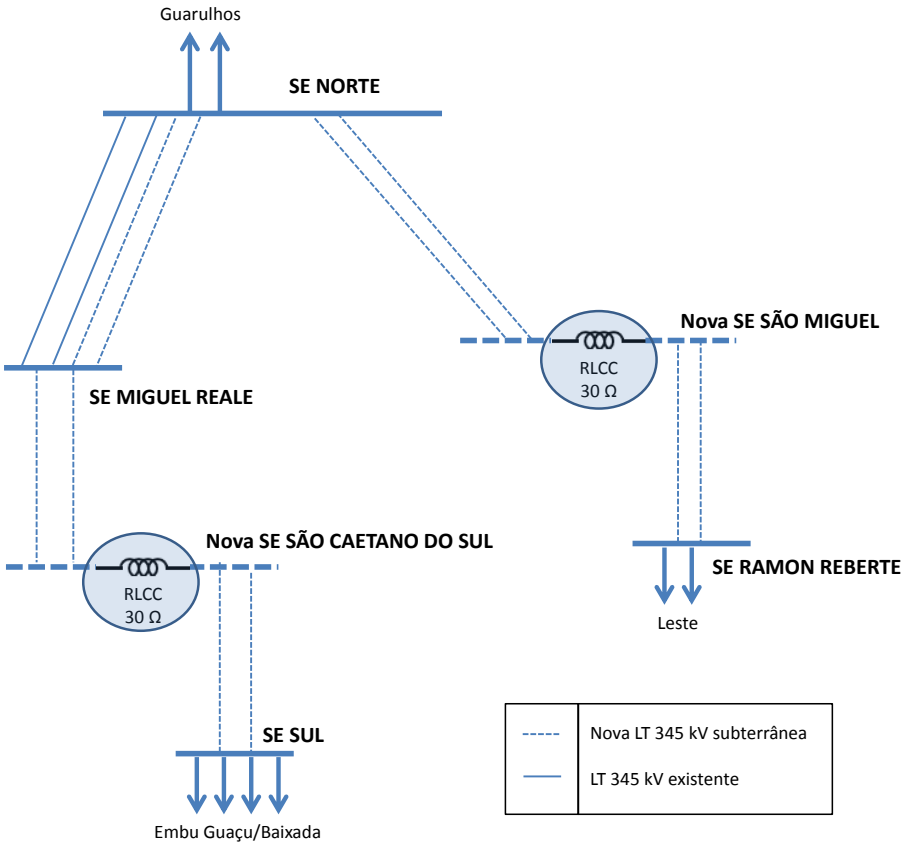


Figura 10-1 – Diagrama – Alternativa RLCC de seção de barramento – 2 x 30 Ω nas novas subestações

Como pode ser visto na Tabela 10-3, o uso do RLCC de 30 Ω seccionando o barramento 345 kV das novas subestações elimina todas as superações apontadas na Tabela 10-2 (Configuração A).

Tabela 10-3 – Análise Mínimo Disjuntor – RLCC com seção de barramento

ANÁLISE DE CURTO - CIRCUITO (MÍNIMO DISJUNTOR) - ANO 2023 - 345 kV e 88 kV - RLCC 30 ohms - Etapa 3 final nova										
IDENTIFICAÇÃO				DISJUNTOR	FASE-TERRA			TRIFÁSICO		
Barra de Referência			kV	Nom (kA)	Calc.	Calc./Nom.	X/R	Calc.	Calc./Nom.	X/R
4	SCAETA-SP		345	63	31,762	50,42%	10,385	29,992	47,61%	12,706
36	SCAETA-SP		345	63	25,916	41,14%	10,019	26,758	42,47%	11,664
100	VOLIVI-SP		345	63	25,136	39,90%	11,43	25,159	39,93%	13,3
20000	LESTE 345		345	31,9	29,288	91,80%	11,664	29,028	91,00%	14,301
20010	LESTE 88		88	31,5	29,629	94,10%	81,845	30,362	96,40%	57,289
20020	M.REALE 345		345	40	36,123	90,30%	13,617	32,265	80,70%	14,668
20030	M.REALE 88		88	40	27,55	68,90%	95,487	27,667	69,20%	71,613
20060	NORTE 345		345	63	39,778	63,14%	16,35	36,414	57,80%	17,343
20069	NORTE 88B		88	31,5	13,66	43,40%	286,451	20,068	63,70%	114,584
20070	NORTE 88A		88	31,5	27,477	87,20%	143,23	28,276	89,80%	95,487
20080	R.REBERT345		345	31,5	27,585	87,60%	12,996	26,826	85,20%	15,056
20090	R.REBERT 88		88	40	25,778	64,40%	81,845	26,351	65,90%	63,655
20100	SUL 345		345	50	30,671	61,30%	12,429	30,28	60,60%	14,301
20110	SUL 88A		88	37,5	24,304	64,81%	114,584	31,984	85,29%	52,08
20111	SUL 88B		88	37,5	24,304	64,81%	114,584	31,985	85,29%	52,08
90000	VOLIVI-SP		345	63	33,766	53,60%	10,78	32,966	52,33%	13,617
90001	SCAETA-SP		345	63	31,723	50,35%	10,385	29,955	47,55%	12,706
90002	SCAETA-SP-88		88	40	36,427	91,07%	52,08	32,669	81,67%	57,289
90007	VOLIVI-SP-88		88	40	36,566	91,42%	57,289	32,819	82,05%	63,655

LEGENDA	
	Alerta (90% ≤ kA < 100%)
	Superado (kA ≥ 100%)
	TRT (kA ≥ 80%)

Considerando que essa alternativa não alterou de forma significativa os fluxos em condição normal, o seu desempenho foi testado frente a contingências simples e duplas na rede de interesse, sendo que as contingências duplas foram apenas para as LT aéreas de circuito duplo. O patamar utilizado foi o de carga média (maior para a região de análise), ano 2026, já considerando a distribuição de carga entre as novas subestações conforme indicação da ENEL SP.

Foram testadas as seguintes contingências:

- LT 345 kV Guarulhos – Norte C1/C2 (aérea de circuito duplo) – simples e dupla
- LT 345 kV Norte – São Miguel C1/C2 (subterrânea) - simples
- LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho C1/C2 (subterrânea) - simples
- LT 345 kV Leste – Ramon C1/C2 (aérea de circuito duplo) – simples e dupla
- LT 345 kV Norte – Miguel Reale C1/C2/C3/C4 (subterrânea) - simples
- LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul C1/C2 (subterrânea) - simples
- LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul C1/C2 (subterrânea) - simples

De todas as contingências simuladas, a mais severa foi a perda dupla da LT 345 kV Guarulhos – Norte C1/C2, cujos resultados encontram-se na Tabela 10-4.

Tabela 10-4 – Tensão nas barras 345 kV – Contingência dupla da LT 345 kV Guarulhos – Norte C1/C2

BARRA	SUBESTAÇÃO	2026
3831	GUARUL-SP345	101,5%
2904	NORTE--SP345	**89,9%**
30956	SMIGUE-SP345	**89,8%**
2917	RREBER-SP345	100,0%
2915	LESTE--SP345	100,5%
30955	SCAETA-SP345	100,0%
2926	SUL----SP345	101,1%
2906	MREALE-SP345	**90,1%**
3670	TPRET1-SP345	104,3%
3671	TPRET2-SP345	103,1%
3	SCAETA-SP345	**90,4%**

Com relação aos resultados apresentados na Tabela 10-4, nota-se um problema de afundamento de tensão, a partir de 2026, nas barras 345 kV das subestações Norte, São Miguel, São Caetano do Sul e Miguel Reale a partir da contingência dupla da LT 345 kV Guarulhos – Norte C1/C2. Esse afundamento de tensão deve-se aos elevados fluxos que atravessam os RLCC dos barramentos 345 kV da SE São Miguel e da SE São Caetano do Sul, cujos sentidos são orientados para o suprimento das cargas da SE Norte e SE Miguel Reale, que antes eram supridas pela LT contingenciada.

A Figura 10-2 e a Figura 10-3 mostram os diagramas com os fluxos e tensões do sistema analisado, antes e depois da contingência dupla da LT 345 kV Guarulhos – Norte C1/C2.

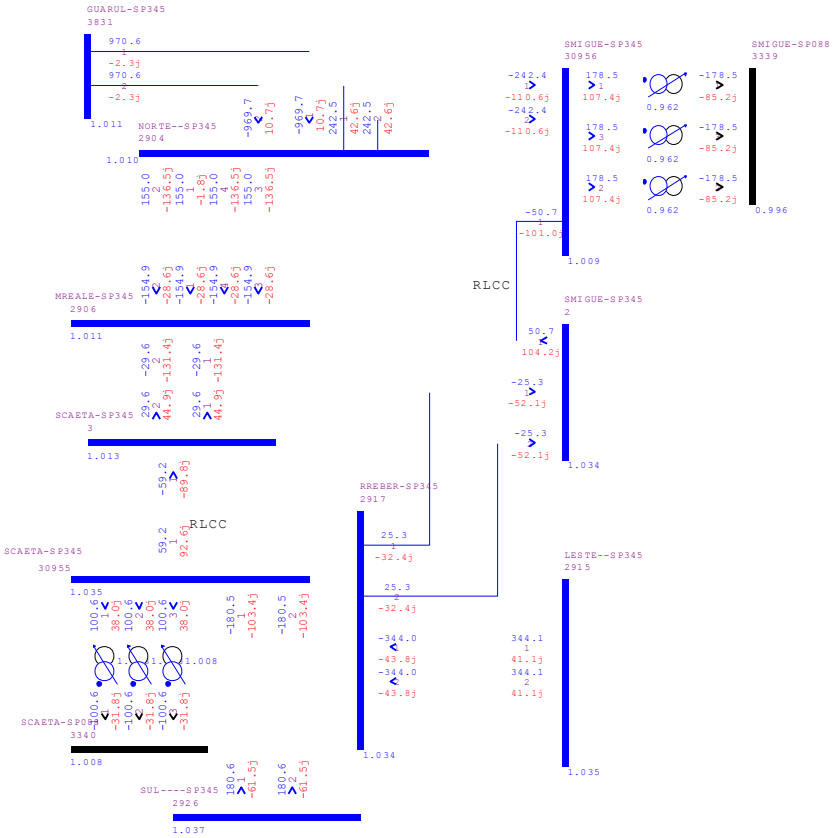


Figura 10-2 – Diagrama – Fluxos e tensões em condição normal – Carga média - 2026

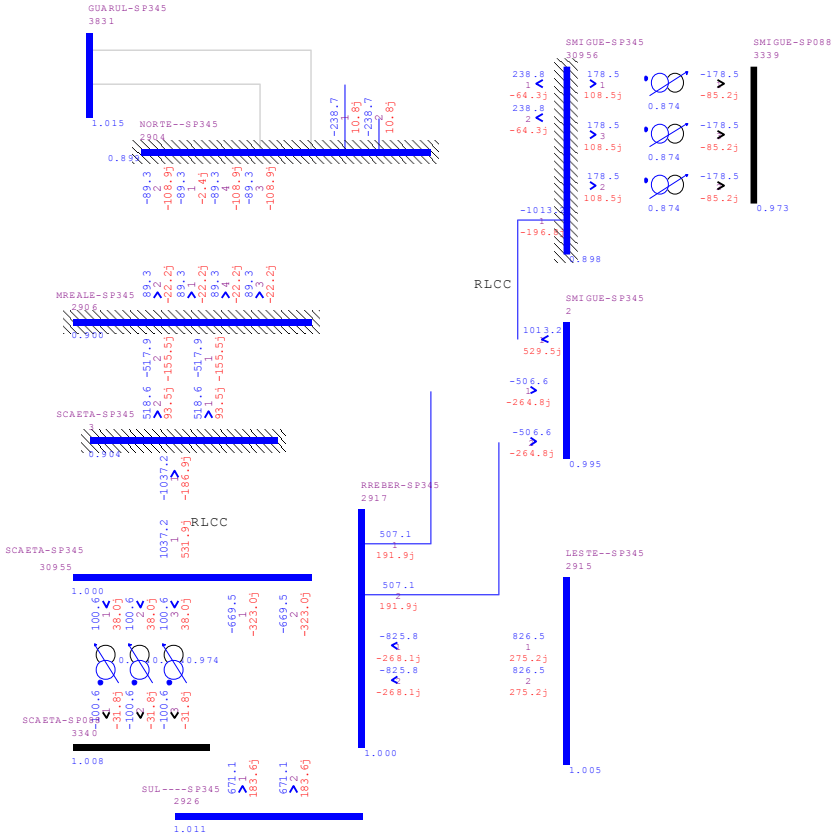


Figura 10-3 – Diagrama – Fluxos e tensões em contingência dupla – Carga média - 2026

Conforme pode ser visto na Figura 10-3, após a contingência dupla da LT 345 kV Guarulhos – Norte C1/C2, os fluxos de potência ativa nos RLCC instalados nas novas subestações ultrapassam 1000 MW, o que corresponde a um consumo de potência reativa, por reator, da ordem de 350 Mvar. Esse fluxo tende a aumentar com o crescimento da carga do sistema, podendo-se inferir que a configuração com uso de RLCC não atende às premissas do estudo.

Tendo em vista que não há possibilidade de construção de nova LT aérea na região, a solução para a contingência dupla da LT 345 kV Guarulhos – Norte C1/C2 no sistema com RLCC envolveria, necessariamente, novas linhas subterrâneas além das previstas para a configuração originalmente estudada.

Considerando esses resultados, a tabela a seguir apresenta, de forma resumida, as principais conclusões sobre a utilização ou não do equipamento RLCC para a eliminação das superações identificadas.

Tabela 10-5 – Resumo das análises – Alternativas com/sem RLCC

Alternativa	Vantagem	Desvantagem
Sem RLCC	Não necessita de LT subterrânea adicional a partir de 2026; Maior robustez com relação ao desempenho em regime permanente; e Maior flexibilidade para expansões futuras.	Necessita da substituição de 27 disjuntores de 345 kV.
Com RLCC (2 x 30 Ω)	Elimina a necessidade de substituição de disjuntores de 345 kV.	Necessita de LT subterrânea adicional a partir de 2026; Menor robustez com relação ao desempenho em regime permanente; e Menor flexibilidade para expansões futuras.

Cabe ressaltar que a flexibilidade para expansões futuras refere-se à possibilidade de se ampliar a rede sem a interferência do efeito da reatância dos RLCC na redistribuição dos fluxos em condição normal ou em contingências.

Ponderando os resultados das avaliações realizadas no presente item, optou-se pela configuração sem RLCC, dado que essa configuração apresenta maior robustez e maior flexibilidade para expansões futuras. Além disso, cabe ressaltar que grande parte dos disjuntores a serem substituídos já se encontram próximos do fim da vida útil, ou mesmo com a vida útil já esgotada.

Tendo em vista o quantitativo de disjuntores a serem substituídos, a ISA-CTEEP realizou estudos de engenharia para verificação da viabilidade física de substituição desses disjuntores, resultando nos relatórios técnicos apresentados no Anexo 14.3. A conclusão desses estudos é de que há viabilidade para a substituição dos disjuntores superados, destacando-se as seguintes obras para a possibilitar a logística dos desligamentos:

- 4º banco de transformadores 345/88 kV, 400 MVA, da SE Ramon;
- 3º banco de transformadores 345/88 kV, 400 MVA, da SE Miguel Reale;
- 3º transformador trifásico 345-20 kV, 135 MVA; da SE Miguel Reale; e
- 4º banco de transformadores 345/88 kV, 400 MVA, da SE Leste.

A data de necessidade para a substituição dos disjuntores, considerando a instalação dos bancos de transformadores acima descritos, é para o menor prazo possível. Tal necessidade justifica-se pelo fato de que essas obras são imprescindíveis para o completo fechamento do anel 345 kV, conforme a alternativa de Configuração A, que será objeto de recomendação do presente estudo.

Com relação ao setor de 88 kV das novas subestações (São Miguel e São Caetano do Sul), visando atender aos requisitos de corrente máxima de curto trifásico (31,5 kA) e monofásico (23 kA) da rede 88 kV da ENEL SP suprida por essas subestações, recomenda-se que a impedância dos transformadores 345/88 kV, 400 MVA, não sejam inferiores à 23 % na base própria, limitados a operarem com, no máximo, três bancos em paralelo. Para as faltas monofásicas, de forma conservadora, recomenda-se o valor de impedância de 13,5 % para os transformadores de aterramento.

Por fim, no que diz respeito aos disjuntores expostos a níveis de curto circuito muito próximos da sua capacidade disruptiva (acima de 90% - Tabela 10-2), tendo em vista as dificuldades de logística de substituição dos equipamentos, bem como a possibilidade de proposição de solução única na etapa de Projeto Básico, recomenda-se que seja analisada a indicação de substituição destes equipamentos no mesmo momento dos demais superados.

11 ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL

As avaliações socioambientais referentes às novas instalações de Rede Básica recomendadas neste estudo foram objeto da Nota Técnica DEA 006/19 "Análise Socioambiental do Estudo de Atendimento à Grande São Paulo (Relatório R1)" , a qual está referenciada ao final desse relatório.

12 REFERÊNCIAS

[1] CCPE, "CCPE – Volume II – Critérios e Procedimentos para o Planejamento da Expansão dos Sistemas de Transmissão," outubro de 2002.

[2] ONS, "Diretrizes e Critérios para Estudos Elétricos," em Procedimentos de Rede, novembro de 2011.

[3] ANEEL, "Base de Preços," junho de 2017.

[4] EPE, "Base de dados para estudos de curto-circuito – PDE 2027", [Online].

13 EQUIPE TÉCNICA

EPE

Daniel José Tavares de Souza – STE
Dourival de Souza Carvalho – STE
Fábio de Almeida Rocha - STE
Fabiano Schmidt – STE
João Henrique Magalhães Almeida - STE
Paulo Fernando de Matos Araújo – STE
Rafael Pentagna Silvestre – STE
Sérgio Felipe Falcão Lima – STE
Thaís Pacheco Teixeira – STE
Vanessa Stephan Lopes – STE
Alfredo Lima Silva – SMA
Carina Renno Siniscalchi – SMA
Daniel Filipe Silva – SMA
Kátia Gisele Matosinho - SMA

ISA-CTEEP

Raphael Molina Neto
Caetano Cezario Neto
Osni Ricardo de Jesus Campos
Renato Guimarães Ribeiro
Matheus Garcia Ribeiro
Felipe Melo Rodrigues
Rafael Belinato Pereira
Victor Makida Nakashima
Luccas Galera Monteiro
Thaisa Bull Patriani
Daniela Arantes Gomes Ferreira
Bianca de Souza Morais
Thiago Segato Scorissa
Henrique Marcelo Moretti
Pedro Augusto Pinto Vallone
Marco Aurelio Vassao
Elder Ferreira Kobayashi
Jose Agnaldo Barcellos Leite
Rogerio Lavandoscki
Vitor Ortega de Abreu Neves
Luzay Lopo Generoso Filho
Debora Fiaschi de Campos

ENEL SP

Daniel Gomes da Silva – ND Brasil
Lamberto Machado de Barros Beekhuizen – NPI HV São Paulo
Wheslei de Paula Ribeiro – NPI HV São Paulo

Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente

José Ricardo Mafra Amorim

14 ANEXOS

14.1 Parâmetros de Equipamentos e Linhas de Transmissão

Tabela 14-1 – Parâmetros elétricos das linhas de transmissão

LT	Capacidade por circuito(1) [MVA]			Parâmetros de sequência a 50° C			
	Longa (N)	Curta (N-1)	Curta (N-2)	seq.	r [Ω/km]	x [Ω/km]	b [μS/km]
LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul, C1 e C2, subterrânea 1600 mm² Al (XLPE)	443	749	960	+	0,0226	0,2424	79,05
				0	0,1087	0,0898	79,05
				mut.0	0,0027	0,0099	-
LT 345 kV Norte – São Miguel, C1 e C2, subterrânea 1600 mm² Al (XLPE)	443	749	960	+	0,0226	0,2424	79,05
				0	0,1087	0,0898	79,05
				mut.0	0,0027	0,0099	-
LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho, C1 e C2, subterrânea 1600 mm² Al (XLPE)	443	749	960	+	0,0226	0,2424	79,05
				0	0,1087	0,0898	79,05
				mut.0	0,0027	0,0099	-
LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul, C1 e C2, subterrânea 2500 mm² Al (XLPE)	543	858	1216	+	0,0158	0,2226	93,69
				0	0,1006	0,0804	93,69
				mut.0	0,0027	0,0099	-

(1) Valor em MVA obtido para a tensão nominal.

Tabela 14-2 – Parâmetros elétricos dos transformadores de fronteira

Transformadores	Reatância % (base 100 MVA)	TAP		Capacidade (MVA)	
		Mín.	Max.	Normal	Emergência
SE São Miguel 1°, 2° e 3° TR 345/88 kV, (9+1R) x 133,33 MVA 1Φ	5,75	0,85	1,15	400	480
SE São Caetano do Sul 1° e 2° TR 345/88 kV, (6+1R) x 133,33 MVA 1Φ	5,75	0,85	1,15	400	480
SE Miguel Reale 3° TR 345/88 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ	5,63	0,85	1,15	400	480
SE Miguel Reale 3 º TR 345-20 kV, 135 MVA 3Φ	20,31	0,85	1,15	135	162
SE Ramon 4° TR 345/88 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ	5,64	0,85	1,15	400	480
SE Leste 4° TR 345/88 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ	6,35	0,85	1,15	400	480

14.2 Fichas PET/PELP

Sistema Interligado da Região SUDESTE

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
SE 345/88 kV SÃO MIGUEL (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: JAN/2026
Nova SE GIS	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 MESES

JUSTIFICATIVA:

REFORÇO PARA O ATENDIMENTO À REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

1°, 2° e 3° TF 345/88 kV, (9+1R) x 133,33 MVA 1Φ	85.671,10
3 CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD3 (GIS)	39.967,50
3 CT (Conexão de Transformador) 88 kV, Arranjo BD3 (GIS)	23.471,70
MIG (Terreno Urbano - GIS)	43.037,82
MIM - 345 kV (GIS)	6.735,89

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: **198.884,00**

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
SE 345/88 kV SÃO CAETANO DO SUL (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: JAN/2026
Nova SE GIS	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 MESES

JUSTIFICATIVA:

REFORÇO PARA O ATENDIMENTO À REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

1° e 2° TF 345/138 kV, (6+1R) x 133,33 MVA 1Φ	59.969,77
2 CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD3 (GIS)	26.645,00
2 CT (Conexão de Transformador) 88 kV, Arranjo BD3 (GIS)	15.647,80
MIG (Terreno Urbano - GIS)	39.765,17
MIM - 345 kV (GIS)	4.490,57

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 146.518,31

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
LT 345 kV NORTE - MIGUEL REALE, C3 e C4 (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: MENOR PRAZO POSSÍVEL
Subterrânea	PRAZO DE EXECUÇÃO: **48 MESES**

JUSTIFICATIVA:

REFORÇO PARA O ATENDIMENTO À REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

Subterrânea 1600 mm^2 CD, 14,5 km	447.405,91
2 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 // Norte	23.396,00
2 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 // Miguel Reale	23.396,00

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: **494.197,91**

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
LT 345 kV SÃO MIGUEL - RAMON, C1 e C2 (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: **JAN/2026**
Subterrânea	PRAZO DE EXECUÇÃO: **60 MESES**

JUSTIFICATIVA:

REFORÇO PARA O ATENDIMENTO À REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

Subterrânea 1600 mm^2 CD, 9,1 km	280.785,78
2 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 // São Miguel	23.396,00
2 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 // Ramon	23.396,00

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 327.577,78

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
LT 345 kV MIGUEL REALE - SÃO CAETANO DO SUL, C1 e C2 (Nova) Subterrânea	DATA DE NECESSIDADE: JAN/2026 PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 MESES

JUSTIFICATIVA:

REFORÇO PARA O ATENDIMENTO À REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

Subterrânea 1600 mm^2 CD, 7,8 km	240.673,52
2 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 // Miguel Reale	23.396,00
2 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 // São Caetano do Sul	23.396,00

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 287.465,52

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
LT 345 kV SUL - SÃO CAETANO DO SUL, C1 e C2 (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: JAN/2026
Subterrânea	PRAZO DE EXECUÇÃO: **60 MESES**

JUSTIFICATIVA:

REFORÇO PARA O ATENDIMENTO À REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

Subterrânea 2500 mm^2 CD, 14,1 km	497.546,28
2 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 // Sul	23.396,00
2 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 // São Caetano do Sul	23.396,00

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 544.338,28

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
LT 345 kV NORTE - SÃO MIGUEL, C1 e C2 (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: **JAN/2026**
Subterrânea	PRAZO DE EXECUÇÃO: **60 MESES**

JUSTIFICATIVA:

REFORÇO PARA O ATENDIMENTO À REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

Subterrânea 1600 mm^2 CD, 8,1 km	249.930,20
2 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 // Norte	23.396,00
2 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 // São Miguel	23.396,00

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 296.722,20

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
SE 345 kV MIGUEL REALE (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: **JAN/2022**
	PRAZO DE EXECUÇÃO: **36 MESES**

JUSTIFICATIVA:

REFORÇO PARA O ATENDIMENTO À REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

3° TF 345/138 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ	21.983,76
3° TF 345/20 kV, 1 x 135 MVA 3Φ	10.192,48
2 CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4	27.284,24
2 CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BD4	16.060,76
2 CT (Conexão de Transformador) 20 kV, Arranjo BD4	7.593,92

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 83.115,16

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
SE 345 kV RAMON (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: **JAN/2022**
Ampliação	PRAZO DE EXECUÇÃO: **36 MESES**

JUSTIFICATIVA:

REFORÇO PARA O ATENDIMENTO À REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

4° TF 345/138 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ	21.983,76
1 CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (novo)	13.642,12
1 CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BD4 (novo)	8.030,38

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 43.656,26

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
SE 345 kV RAMON (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: **JAN/2025**
Substituição dos disjuntores 345 kV (GIS)	PRAZO DE EXECUÇÃO: **48 MESES**

JUSTIFICATIVA:

SUPERAÇÃO DE DISJUNTORES DEVIDO AO FECHAMENTO DO ANEL 345 KV DA GRANDE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

3 CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)	40.926,36
1 IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)	12.057,60
2 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição) //	23.396,00

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: **76.379,96**

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
SE 345 kV LESTE (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: **JAN/2022**
Ampliação	PRAZO DE EXECUÇÃO: **36 MESES**

JUSTIFICATIVA:

REFORÇO PARA O ATENDIMENTO À REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

4° TF 345/138 kV, 3 x 133,33 MVA 1Φ	21.983,76
1 CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (novo)	6.821,06
1 CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BD4 (novo)	4.015,19

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: **32.820,01**

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
SE 345 kV LESTE (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: **JAN/2025**
Substituição dos disjuntores 345 kV	PRAZO DE EXECUÇÃO: **48 MESES**

JUSTIFICATIVA:

SUPERAÇÃO DE DISJUNTORES DEVIDO AO FECHAMENTO DO ANEL 345 KV DA GRANDE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

3 CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)	20.463,18
1 IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)	6.028,80

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 26.491,98

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
SE 345 kV MIGUEL REALE (Ampliação/Adequação) Substituição dos disjuntores 345 kV (GIS)	DATA DE NECESSIDADE: JAN/2025
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 48 MESES

JUSTIFICATIVA:

SUPERAÇÃO DE DISJUNTORES DEVIDO AO FECHAMENTO DO ANEL 345 KV DA GRANDE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

6 CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)	81.852,72
1 IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)	12.057,60
2 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição) //	23.396,00
2 CRB (Conexão de Reator de Barra) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)	22.545,04

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 139.851,36

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
SE 345 kV SE INTERLAGOS Substituição dos disjuntores 345 kV (Ampliação/Adequação) Substituição dos disjuntores 345 kV	DATA DE NECESSIDADE: JAN/2025
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 48 MESES

JUSTIFICATIVA:

SUPERAÇÃO DE DISJUNTORES DEVIDO AO FECHAMENTO DO ANEL 345 KV DA GRANDE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

3 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição) //	17.547,00

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 17.547,00

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

EMPREENDIMENTO:	UF: SP
SE 345 kV SE BAIXADA (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: JAN/2025
Substituição dos disjuntores 345 kV	PRAZO DE EXECUÇÃO: 48 MESES

JUSTIFICATIVA:

SUPERAÇÃO DE DISJUNTORES DEVIDO AO FECHAMENTO DO ANEL 345 KV DA GRANDE SÃO PAULO.

Obras e Investimentos Previstos: (R$ x 1.000)

1 IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição)	6.028,80
2 EL (Entrada de Linha) 345 kV, Arranjo BD4 (substituição) //	11.698,00

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 17.726,80

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

[1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017.

14.3 Consultas de Viabilidade de Expansão

Relatório Técnico de Viabilidade







SE LESTE

São Paulo - SP

ISA CTEEP/RT/EP/RTV/006/2018

COMPANHIA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PAULISTA

Relatório Técnico de Viabilidade

SE LESTE

São Paulo – SP

São Paulo, 15 de fevereiro de 2019.

345 KV

ISA CTEEP/RT/EP/RTV/006/2018

Sumário

1. INTRODUÇÃO 4
2. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES EXISTENTES 5
3. VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO 5

1. INTRODUÇÃO

Este relatório tem por finalidade consolidar as avaliações de viabilidade física para substituição dos equipamentos dos módulos de conexão do setor de 345 kV, na SE Leste, devido a superação por curto-circuito, instalação da quarta unidade de transformação 345-88 kV e respectivos módulos de conexão e substituição dos atuais barramentos de 345 kV para a capacidade mínima de 5000 A.

A necessidade das citadas ampliações foi verificada no estudo das alternativas de expansão do sistema de transmissão da região metropolitana de São Paulo. O Estudo em referência propõe, por meio de uma nova fonte, alternativas que atendam ao critério N-2 e ao mesmo tempo reforcem a confiabilidade do suprimento das subestações que atualmente são alimentadas por circuitos radiais.

As informações apresentadas ao longo deste documento descrevem as condições para caracterização do empreendimento, bem como a descrição de algumas das atividades necessárias para sua instalação.

Ressaltamos que este estudo é preliminar, sendo necessária no momento da instalação do empreendimento a apresentação do projeto detalhado com a solução adotada.

A seguir apresentamos o Diagrama Unifilar atual da SE Leste.

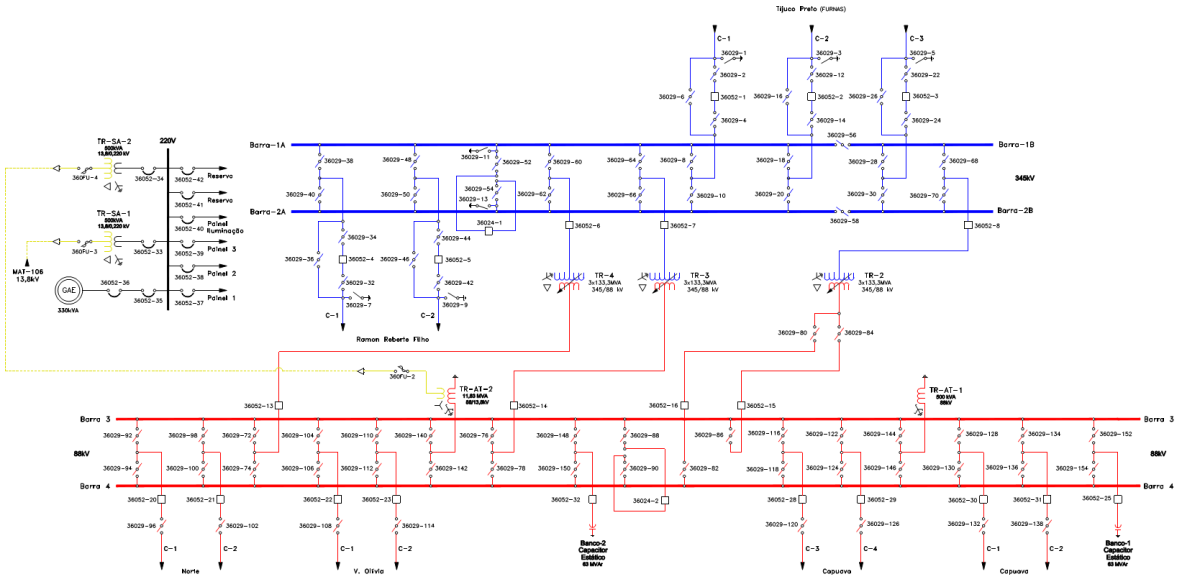


Figura 1 - Diagrama Unifilar da atual SE Leste

2. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES EXISTENTES

A SE Leste, de propriedade da ISA CTEEP, entrou em operação em 17/07/1970, operando com níveis de tensão de 345 e 88 kV.

A referida subestação se interliga, em 345 kV, com as SEs Tijuco Preto (Furnas) por meio de circuito triplo e Ramon Reberte Filho (ISA CTEEP) por meio de circuito duplo, em 88 kV, com as SEs Norte (ISA CTEEP), Vila Olivia (Enel Eletropaulo), ambas em circuito duplo e Capuava (Enel Eletropaulo) por meio de 4 circuitos.

3. VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO

O levantamento realizado pela ISA CTEEP para as necessidades recomendadas no Estudo da Região Metropolitana da São Paulo indicou não haver impedimentos à substituição dos equipamentos dos módulos de conexão do setor de 345 kV, na SE Leste, devido a superação por curto-circuito, instalação da quarta unidade de transformação 345-88 kV e respectivos módulos de conexão e substituição dos atuais barramentos de 345 kV para a capacidade mínima de 5000 A.

A instalação da citada unidade transformadora viabiliza a logística de implantação do empreendimento, permitindo maior segurança operativa durante a execução das obras. Abaixo, apresentamos os espaços previstos para a instalação do citado equipamento e respectivos módulos de conexão:



Figura 2 - Área para instalação da 4 unidade transformadora 345-88 kV

Legenda:

■ Conexão de transformador 345 kV ■ 4º Banco de transformadores 345-88 kV ■ Conexão de transformador 88 kV

A seguir apresentamos as considerações gerais para implantação do empreendimento:

- Deverá ser considerada a ampliação no setor 88 KV com a complementação do módulo de conexão do TR-4 com as mesmas especificações dos módulos existentes dos TRs 1, 2 e 3 possibilitando inclusive a conexão com a fase reserva existente na subestação.
- Deverá ser avaliado posteriormente a necessidade de substituição dos módulos de manobra de 88 kV, considerando o final da vida útil da instalação.
- Devido ao aumento da corrente de curto-circuito, a malha terra e sistema de aterramento deverão ser revisados.
- Deverão ser consideradas unidades de transformadores/soluções de contorno que atendam o nível de ruído admissível para a região.

Ressaltamos que o responsável pelos empreendimentos poderá avaliar novas soluções para implementação dos mesmos devendo, contudo, atender aos critérios de planejamento.

Relatório Técnico de Viabilidade



SE MIGUEL REALE E LT 345 KV MIGUEL REALE – NORTE C3/C4

São Paulo - SP

ISA CTEEP/RT/EP/RTV/001/2018

COMPANHIA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PAULISTA

Relatório Técnico de Viabilidade

SE MIGUEL REALE E LT 345 KV MIGUEL REALE – NORTE C3/C4

São Paulo – SP

São Paulo, 29 de outubro de 2018.

345 KV

ISA CTEEP/RT/EP/RTV/001/2018

Sumário

1. INTRODUÇÃO 4
2. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES EXISTENTES 4
3. VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO 4
SE MIGUEL REALE 4
LT 345 KV MIGUEL REALE – NORTE C3/C4 6

1. INTRODUÇÃO

Este relatório tem por finalidade consolidar as avaliações de viabilidade física para a instalação de 4 (quatro) novos módulos de entrada de linha blindados 345 kV destinados à conexão das LTs 345 kV Norte – Miguel Reale C3/C4 e Miguel Reale – São Caetano C1/C2 na SE Miguel Reale e utilização do túnel para o 3º e 4º circuitos da LT 345 kV Miguel Reale – Norte.

A necessidade das citadas ampliações foi verificada no estudo das alternativas de expansão do sistema de transmissão da região metropolitana de São Paulo. O Estudo em referência propõe alternativas que atendam ao critério N-2 e ao mesmo tempo reforcem a confiabilidade do suprimento das subestações, alimentadas por circuitos radiais, por meio de uma nova fonte.

As informações apresentadas ao longo deste documento descrevem as condições para caracterização do empreendimento, bem como a descrição de algumas das atividades necessárias para sua implantação.

2. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES EXISTENTES

A SE Miguel Reale, de propriedade da ISA CTEEP, entrou em operação em 21/04/1999, operando com nos níveis de tensão de 345, 88 e 20 kV.

Atualmente a subestação é suprida unicamente pela SE Norte (ISA CTEEP) em 345 kV e se interliga, por meio de circuito duplo, em 88 kV, com as SEs Cambuci (Eletropaulo) e Wilson (Eletropaulo), ambas por meio de circuito duplo.

3. VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO

SE MIGUEL REALE

Não são verificados impedimentos à instalação de 4 (dois) novos módulos de entrada de linha 345 kV destinados à conexão das LTs 345 kV Norte – Miguel Reale C3/C4 e Miguel Reale – São Caetano C1/C2

Ressalta-se que atualmente os módulos blindados destinados à LT 345 kV Norte – Miguel Reale C3/C4 já se encontram instalados na SE Miguel Reale, e os módulos blindados destinados à conexão da LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano C1/C2 deverão ser instalados um em cada extremidade do barramento existente.

Para atendimento a nova corrente de curto circuito do setor de 345 kV da SE Miguel Reale que passará a ser de 50/63 kA, foi realizada consulta ao fabricante da blindada onde as seguintes adequações foram indicadas:

- Substituição de todos os disjuntores de 345 kV;
- Substituição de todos os TC's de 345 kV existentes;
- Adequação do sistema de aterramento do setor de 345 kV

Cabe ressaltar que para a substituição desses equipamentos pode vir a ser necessária a substituição completa do módulo de manobra, uma vez que a geração de equipamentos atualmente disponível pode não ser compatível com a instalada na SE Miguel Reale. Isso inclui os módulos de manobra destinados à LT 345 kV Miguel Reale – Norte C3/C4.

De maneira a viabilizar a substituição dos citados equipamentos no setor de 345 kV da SE Miguel Reale será prevista a instalação de 1 novo banco de transformadores 345-88 kV e um transformador trifásico 345-20 kV. Foi verificada a existência de espaços disponíveis para a citada expansão.

Ressalta-se que sem a instalação das citadas transformações, a logística de desligamentos a ser empregada não se torna viável. Cabe esclarecer que a implantação de reforços em instalações existentes, principalmente em regiões críticas como a Região Metropolitana de São Paulo, não é trivial, demandando soluções complexas e necessidades adicionais com a citada instalação de unidades transformadoras.

Referente à instalação do banco de reatores na SE Miguel Reale, informamos que as análises de espaços disponíveis demonstraram restrição de área quando da instalação do citado equipamento junto com fase reserva, dessa maneira, a solução adotada deverá prever a instalação dos equipamentos de forma compactada.

Ressaltamos que a subestação Miguel Reale está situada em região residencial, assim deverão ser consideradas soluções que atendam o nível de ruído e vibração admissível para a região.

A seguir apresentamos o diagrama unifilar da SE Miguel Reale, onde são destacados os módulos para conexão da LT 345 kV Miguel Reale – Norte C3/C4, TR 345-88 kV, TR 345-20 kV e reatores 440 kV e os locais para instalação dos futuros módulos de conexão da LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano C1/C2.

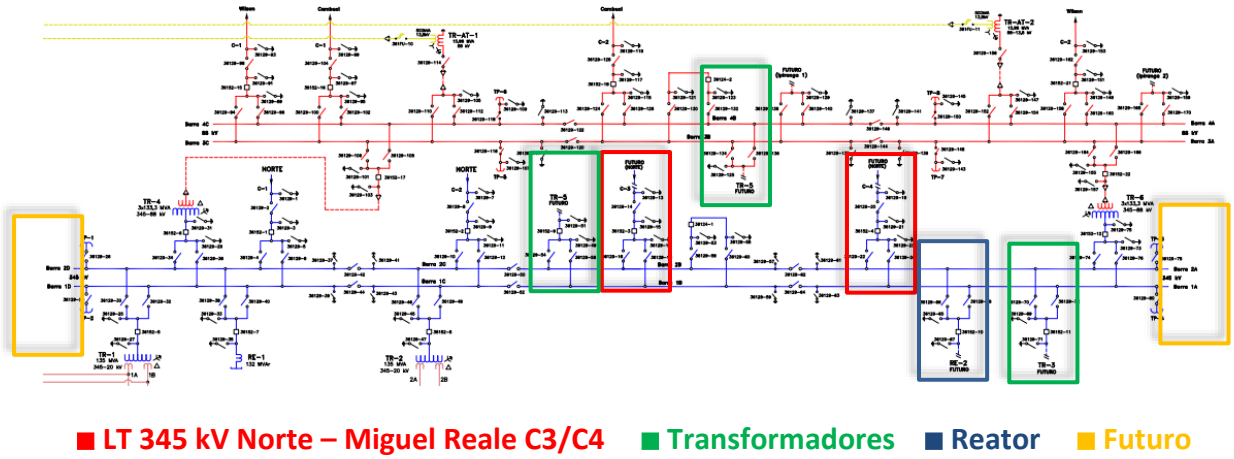


Figura 1 - SE Miguel Reale - Indicação de ELs futuros

LT 345 KV MIGUEL REALE – NORTE C3/C4

Referente ao atual túnel que abriga a LT 345 kV Norte - Miguel Reale, informamos que a instalação física do 3º e 4º circuitos da citada LT é possível, porém é necessária a realização de estudo para levantar a carga térmica atual e simulação da carga térmica com o acréscimo de dois circuitos, todos na pior condição de carregamento.

A partir do resultado do estudo, será possível definir a necessidade de implantação de sistema de refrigeração. Cabe ressaltar que este estudo terá influência inclusive no dimensionamento do condutor utilizado.

Ressaltamos que o responsável pelos empreendimentos poderá avaliar novas soluções para implementação dos mesmos devendo, contudo, atender aos critérios de planejamento.

Relatório Técnico de Viabilidade



SE NORTE

São Paulo - SP

ISA CTEEP/RT/EP/RTV/002/2018

COMPANHIA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PAULISTA

Relatório Técnico de Viabilidade

SE NORTE

São Paulo – SP

São Paulo, 29 de outubro de 2018.

345 KV

ISA CTEEP/RT/EP/RTV/002/2018

Sumário

1. INTRODUÇÃO 4
2. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES EXISTENTES 4
3. VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO 4

1. INTRODUÇÃO

Este relatório tem por finalidade consolidar as avaliações de viabilidade física para a instalação de 4 (quatro) novos módulos de entrada de linha 345 kV destinados à conexão das LTs 345 kV Norte – Miguel Reale C3/C4 e Norte – São Miguel C1/C2, e instalação de um módulo de conexão para um novo Banco de Reatores com Fase Reserva 345 kV (3x44 Mvar) associado a LT 345 kV Norte – Miguel Reale C3.

A necessidade das citadas ampliações foi verificada no estudo das alternativas de expansão do sistema de transmissão da região metropolitana de São Paulo. O Estudo em referência propõe por meio de uma nova fonte alternativas que atendam ao critério N-2 e ao mesmo tempo reforcem a confiabilidade do suprimento das subestações que atualmente são alimentadas por circuitos radiais.

As informações apresentadas ao longo deste documento descrevem as condições para caracterização do empreendimento, bem como a descrição de algumas das atividades necessárias para sua implantação.

Ressaltamos que este estudo é preliminar, sendo necessária no momento da instalação do empreendimento a apresentação do projeto detalhado com a solução adotada.

2. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES EXISTENTES

A SE Norte, de propriedade da ISA CTEEP, entrou em operação em 11/08/1988, operando com níveis de tensão de 345 e 88 kV.

A referida subestação se interliga, em 345 kV, com a SE Miguel Reale (ISA CTEEP) e Guarulhos (Furnas) ambas por meio de circuito duplo, em 88 kV, com as SEs Canindé (Eletropaulo), Adelino (Eletropaulo), Penha (Eletropaulo), Leste (Eletropaulo), Vila Galvão (EDP São Paulo) e Nordeste (EDP São Paulo), todas por meio de circuito duplo.

3. VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO

Não são verificados impedimentos à instalação de 4 (quatro) novos módulos de entrada de linha 345 kV destinados à conexão das LTs 345 kV Norte – Miguel Reale C3/C4 e Norte – São Miguel C1/C2, considerando que os módulos de manobra serão instalados de maneira conjugada com outros já instituídos no setor de 345 kV.

Ressalta-se que para os módulos de conexão destinados à LT 345 kV Norte – Miguel Reale C3/C4 é prevista a utilização de equipamentos convencionais, enquanto para a LT 345 kV Norte – São Miguel C1/C2 é prevista a utilização de módulo compacto GIS e equipamentos convencionais (seccionadores que conectam o módulo aos barramentos) interligados entre si por cabo isolado.

A fase reserva do novo banco de reatores da LT 345 kV Norte – Miguel Reale poderá ser acessível ao banco existente e, para isso, deverá ser implantado barramento de transferência interligando os dois bancos de reatores, podendo haver a necessidade de utilização de cabos isolados.

Deverá ser avaliada a necessidade de utilização de reatores abrigados caso as análises de nível de ruído não atendam aos critérios estabelecidos na SE Norte. Além disso, destaca-se que as obras civis na SE Norte poderão demandar custos adicionais à implantação do empreendimento devido a instabilidade verificada no terreno da subestação.

A seguir apresentamos o diagrama unifilar da SE Norte, onde são destacados os futuros módulos para conexão das LTs 345 kV Norte – Miguel Reale C3/C4 e Norte – São Miguel C1/C2.

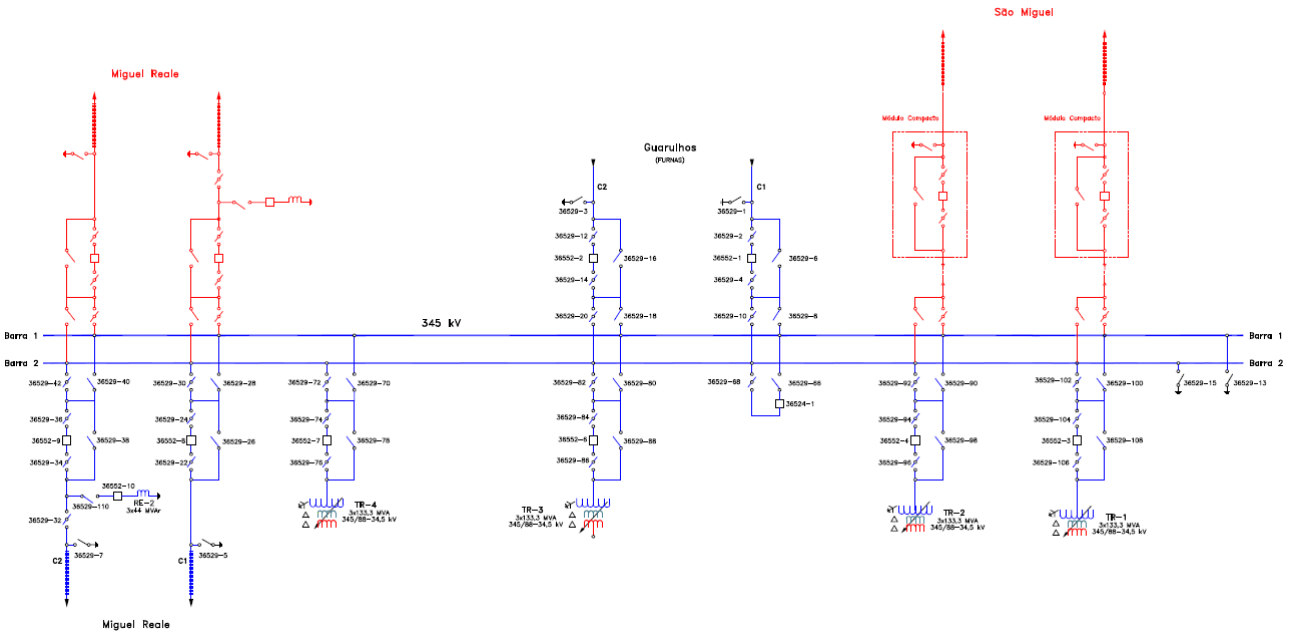


Figura 1 - SE Norte - Indicação de ELs futuros

Ressaltamos que o responsável pelo empreendimento poderá avaliar novas soluções para implantação do mesmo, devendo contudo atender aos critérios de planejamento.

Relatório Técnico de Viabilidade



SE RAMON REBERTE FILHO

São Paulo - SP

ISA CTEEP/RT/EP/RTV/004/2018

COMPANHIA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PAULISTA

Relatório Técnico de Viabilidade

SE RAMON REBERTE FILHO

São Paulo – SP

São Paulo, 15 de fevereiro de 2019.

345 KV

ISA CTEEP/RT/EP/RTV/003/2018

Sumário

1. INTRODUÇÃO 4
2. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES EXISTENTES 4
3. VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO 4

1. INTRODUÇÃO

Este relatório tem por finalidade consolidar as avaliações de viabilidade física para a instalação de 2 (dois) novos módulos de entrada de linha 345 kV destinados à interligação da SE Ramon Reberte Filho com a nova SE São Miguel, instalação da quarta unidade de transformação 345-88 kV, 400 MVA e respectivos módulos de conexão, além da substituição dos atuais módulos blindados 345 kV devido superação do nível de curto-circuito, visando nova configuração do setor 345 kV da Região Metropolitana São Paulo.

A necessidade das citadas ampliações foi verificada no estudo das alternativas de expansão do sistema de transmissão da região metropolitana de São Paulo. O Estudo em referência propõe, por meio de uma nova fonte, alternativas que atendam ao critério N-2 e ao mesmo tempo reforcem a confiabilidade do suprimento das subestações que atualmente são alimentadas por circuitos radiais.

As informações apresentadas ao longo deste documento descrevem as condições para caracterização do empreendimento, bem como a descrição de algumas das atividades necessárias para sua instalação.

Ressaltamos que este estudo é preliminar, sendo necessária no momento da instalação do empreendimento a apresentação do projeto detalhado com a solução adotada.

A seguir apresentamos o Diagrama Unifilar atual do setor de 345 kV da SE Ramon Reberte Filho.

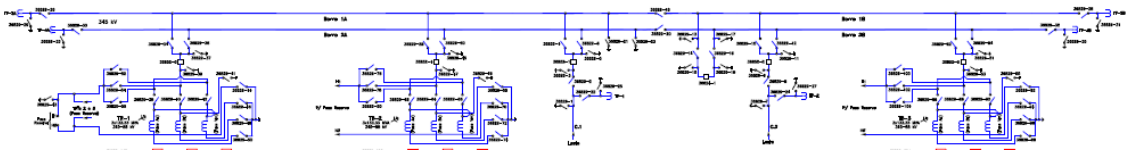


Figura 1 - Diagrama Unifilar da atual do setor 345 kV da SE Ramon Reberte Filho

2. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES EXISTENTES

A SE Ramon Reberte Filho, de propriedade da ISA CTEEP, entrou em operação em 05/09/1990, operando com níveis de tensão de 345 e 88 kV.

A referida subestação se interliga, em 345 kV, com a SE Leste, por meio de circuito duplo, em 88 kV, com as SEs Adelino, Carrão e Silvestre, todas por meio de circuito duplo.

3. VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO

O levantamento realizado pela ISA CTEEP para as necessidades recomendadas no Estudo da Região Metropolitana da São Paulo indicou não haver impedimentos à substituição dos atuais módulos

blindados 345 kV da SE Ramon Reberte Filho, devido superação do nível de curto-circuito e instalação de 2 (dois) novos módulos de entrada de linha 345 kV destinados à interligação da SE Ramon Reberte Filho com a nova SE São Miguel desde que seja previsto a instalação do quarto banco de transformadores (TR-4) 345-88 kV 400 MVA e respectivos módulos de conexão associados.

A instalação da citada unidade transformadora viabiliza a logística de implantação do empreendimento, permitindo maior segurança operativa durante a execução das obras.

A seguir apresentamos as considerações gerais para implantação do empreendimento:

- Deverá ser considerada a ampliação da GIS no setor 88 KV para complementação do módulo de conexão do TR-4 com as mesmas especificações dos módulos existentes dos TRs 1, 2 e 3 possibilitando inclusive a conexão com a fase reserva existente na subestação.
- Deverá ser avaliado posteriormente a necessidade de substituição dos módulos de manobra de 88 kV, considerando o final da vida útil da blindada
- Substituição dos dutos blindados, buchas de saída dos transformadores, buchas de saída das linhas de transmissão e demais equipamentos do setor 345 kV instalados na laje superior da SE Ramon Reberte Filho, devido a alteração de layout dos módulos de conexão e utilização de nova geração de GIS.
- Devido ao aumento da corrente de curto-circuito, a malha terra e sistema de aterramento deverão ser revisados.

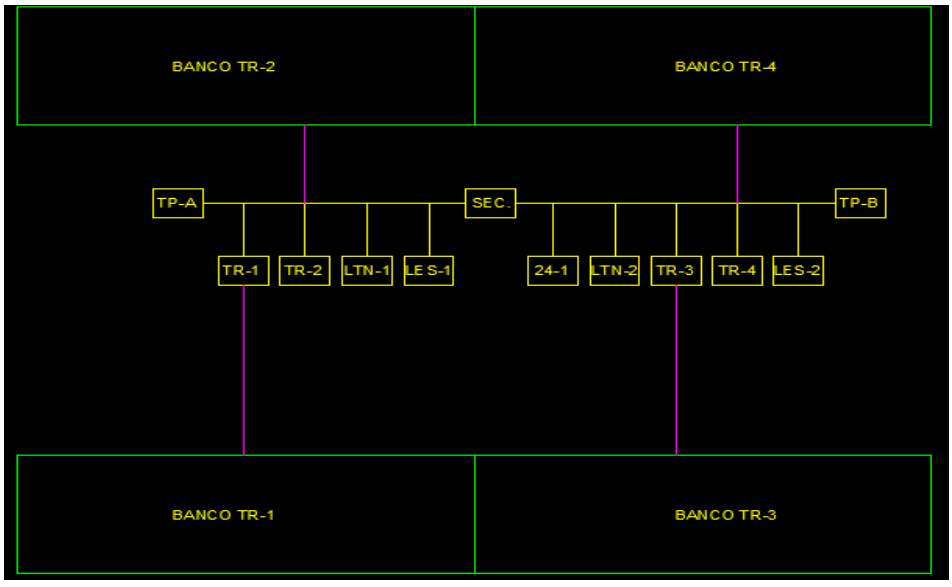


Figura 2 – Diagrama de blocos com a previsão futura da GIS 345 kV em Ramon Reberte Filho

A subestação Ramon Reberte Filho está situada em uma região caracterizada como residencial, dessa forma, deverão ser consideradas unidades de transformadores/soluções de contorno que atendam o nível de ruído admissível para a região.

Ressaltamos que o responsável pelos empreendimentos poderá avaliar novas soluções para implementação dos mesmos devendo, contudo, atender aos critérios de planejamento.

Relatório Técnico de Viabilidade



SE SUL

São Paulo - SP

ISA CTEEP/RT/EP/RTV/003/2018

COMPANHIA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PAULISTA

Relatório Técnico de Viabilidade

SE SUL

São Paulo – SP

São Paulo, 29 de outubro de 2018.

345 KV

ISA CTEEP/RT/EP/RTV/003/2018

Sumário

1. INTRODUÇÃO 4
2. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES EXISTENTES 4
3. VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO 5

1. INTRODUÇÃO

Este relatório tem por finalidade consolidar as avaliações de viabilidade física para a instalação de 2 (dois) novos módulos de entrada de linha 345 kV destinados à interligação da SE Sul com a nova SE São Caetano, visando nova configuração do setor 345 kV da Região Metropolitana São Paulo.

A necessidade das citadas ampliações foi verificada no estudo das alternativas de expansão do sistema de transmissão da região metropolitana de São Paulo. O Estudo em referência propõe, por meio de uma nova fonte, alternativas que atendam ao critério N-2 e ao mesmo tempo reforcem a confiabilidade do suprimento das subestações que atualmente são alimentadas por circuitos radiais.

As informações apresentadas ao longo deste documento descrevem as condições para caracterização do empreendimento, bem como a descrição de algumas das atividades necessárias para sua instalação.

Ressaltamos que este estudo é preliminar, sendo necessária no momento da instalação do empreendimento a apresentação do projeto detalhado com a solução adotada.

A seguir apresentamos o Diagrama Unifilar atual da SE Sul.

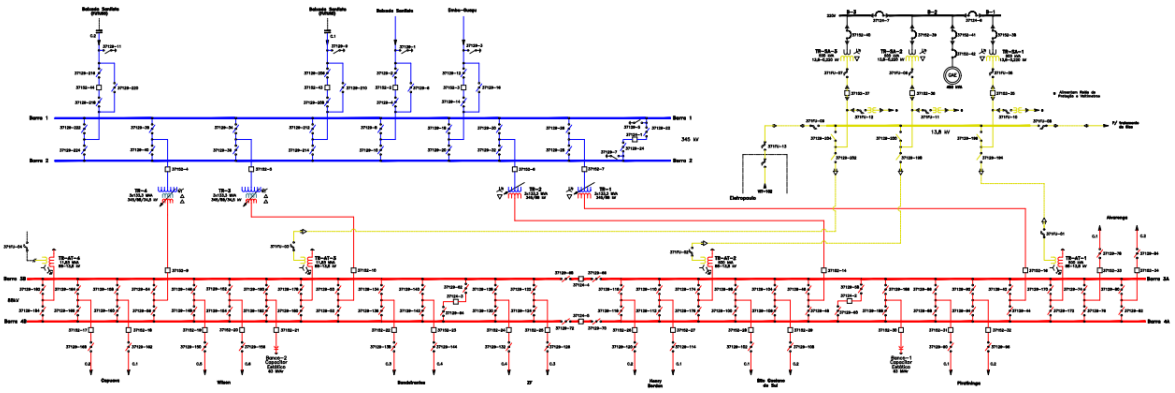


Figura 1 - Diagrama Unifilar da atual SE Sul

2. CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES EXISTENTES

A SE Sul, de propriedade da ISA CTEEP, entrou em operação em 29/09/1975, operando com níveis de tensão de 345 e 88 kV.

A referida subestação se interliga, em 345 kV, com as SEs Embu-Guaçu e Baixada Santista, por meio de circuito simples, em 88 kV, com as SEs Capuava, Wilson, Bandeirantes, ZF, Henry Borden, São Caetano do Sul e Piratininga, todas por meio de circuito duplo.

3. VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO

O levantamento realizado pela ISA CTEEP para as necessidades indicadas no Estudo da Região Metropolitana da São Paulo indicou não haver impedimentos à instalação de 2 (dois) novos módulos híbridos de entrada de linha 345 kV destinados à interligação da SE Sul com a nova SE São Caetano. Os mesmos deverão ser instalados no final da barra do setor de 345 kV da SE Sul, sendo um em casa extremidade, e a conexão da parte blindada com as barras existentes serão por meio de barramentos isolados à SF6 ou cabos isolados.

A seguir apresentamos a localização prevista para os novos módulos híbridos de entrada de linha 345 kV destinados à interligação da SE Sul com a nova SE São Caetano.

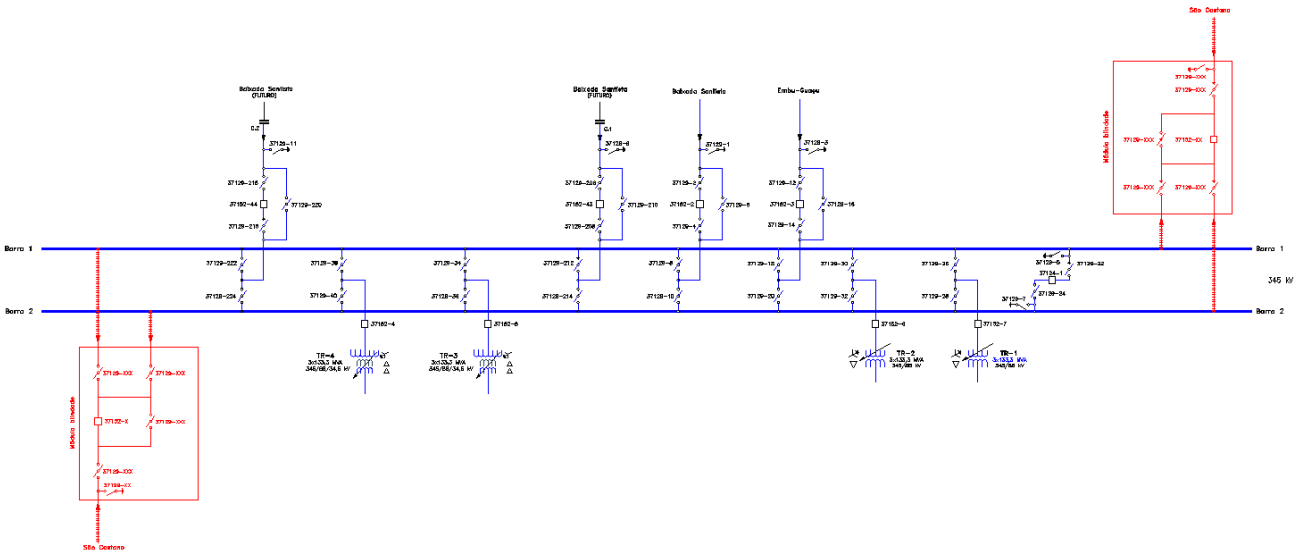


Figura 2 - Localização nos novos módulos de entrada de linha 345 kV

Ressaltamos que o responsável pelos empreendimentos poderá avaliar novas soluções para implementação dos mesmos devendo, contudo, atender aos critérios de planejamento.

14.5 Fichas para Verificação de Adequação dos Relatórios R2 em Relação ao Relatório R1

Relatório Técnico de Curto-Circuito
Curto-Circuito



ESTUDO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

São Paulo - SP

ISA CTEEP/RT/EP/CC/01/2018

COMPANHIA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PAULISTA
DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO INTEGRADO DE ATIVOS
Relatório Técnico de Curto-Circuito

ESTUDO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

São Paulo– SP

São Paulo, 10 de abril de 2019.

Sumário

Sumário 3
1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO 5
2 ATUALIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE CURTO-CIRCUITO.....7
3 IMPEDÂNCIAS DOS NOVOS TRANSFORMADORES.....14
4 CONCLUSÕES.....17
5 REFERÊNCIAS.....18

NOTAS DE REVISÕES

Rev. 0 – Emissão inicial.

Rev. 1 – Conforme comentários da Enel.

Ver. 2 – Atualização das impedâncias das novas LTs subeterrâneas.

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Este relatório complementa os estudos em regime permanente apresentados no relatório R1 para atendimento elétrico à região metropolitana de São Paulo [1].

O citado relatório teve como objetivo definir as melhores soluções estruturais para atendimento elétrico às regiões Norte, Sul e Leste da Capital, além da região do ABC. Além disso, devido à importância das regiões analisadas, o estudo procurou encontrar alternativas que atendessem aos critérios de confiabilidade em N-2 e eliminassem corredores radiais de fornecimento de energia elétrica.

As obras indicadas no relatório, levando em conta os critérios técnico-econômicos são as seguintes:

- Nova SE São Miguel 345/88 kV, 3 x 400 MVA;
- Nova LT Subterrânea 345 kV São Miguel – Norte C1/;
- Nova LT Subterrânea 345 kV São Miguel – Ramon Reberte Filho C1/C2;
- Nova SE São Caetano do Sul 345/88 kV, 2 x 400 MVA;
- Nova LT Subterrânea 345 kV São Caetano do Sul – Miguel Reale C1/C2;
- Nova LT Subterrânea 345 kV São Caetano do Sul – Sul C1/;
- Nova LT Subterrânea 345 kV Miguel Reale – Norte C3/C4.

A Figura 1 ilustra as obras propostas pela EPE.

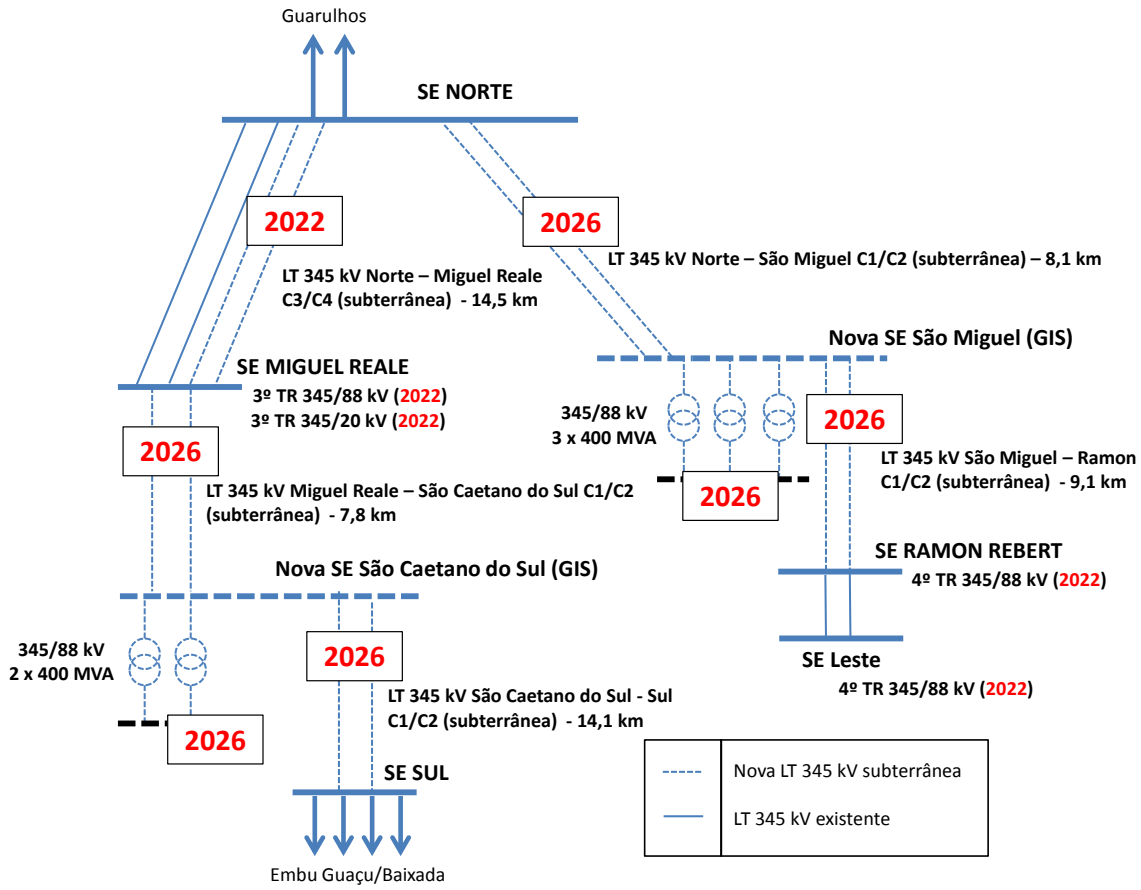


Figura 1: Configuração proposta no relatório R1 [1]

O presente relatório apresentado pela ISA CTEEP tem como objetivo complementar os estudos do R1 da seguinte forma:

- Atualização dos níveis de curto-circuito das subestações próximas aos empreendimentos propostos pela EPE conforme Relatório Técnico de Curto-Circuito desenvolvido anualmente pela ISA CTEEP [4];
- Análise de valores orientativos das impedâncias dos novos transformadores das novas SEs 345/88 kV São Miguel e São Caetano em função dos níveis de curto-circuito especificados para os setores de 88 kV e cálculo de curto-circuito considerando impedâncias de equipamentos semelhantes em operação;

2 ATUALIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE CURTO-CIRCUITO

Buscando assegurar a confiabilidade do sistema, a ISA CTEEP realiza anualmente um estudo de curto-circuito em sua área de concessão, monitorando as condições de operação dos equipamentos de suas subestações.

O último Relatório de Curto-Circuito [4] realizado pela ISA CTEEP abrangeu o horizonte 2017-2026. De forma resumida, esse estudo apresentou os seguintes pontos:

- Níveis de curto-circuito monofásico e trifásico nas barras da ISA CTEEP, considerando todas as obras previstas que impactem no sistema elétrico da transmissora, no período 2017-2026;
- Diagnóstico das barras da ISA CTEEP que apresentaram possíveis problemas de superação da capacidade de interrupção simétrica dos disjuntores, através de uma análise Line-Out e identificação das causas de superação.

Os casos para simulação de curto-circuito utilizados pela ISA CTEEP em suas análises foram obtidos a partir da base de curto-circuito (PZ) do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), no período 2017-2019 [2]. Tais casos foram atualizados conforme as datas mais recentes de previsão de entrada em operação comercial das obras que impactavam no sistema elétrico da ISA CTEEP. Como resultado, foram elaborados os seguintes arquivos: CTEEP 2017 BR1712PZ.ANA, CTEEP 2018 BR1812PZ.ANA e CTEEP 2019 BR1912PZ.ANA.

A partir do ano de 2020, como não havia um arquivo modelado pelo ONS, utilizou-se a base de dados 2019 (CTEEP 2019 BR1912PZ.ANA), acrescentando as obras que fazem parte do plano de expansão para o estado de São Paulo, gerando assim os casos de curto-circuito para o período 2020 a 2026.

Para cada caso, foi considerada a configuração de geração máxima do sistema, sendo essa condição a mais conservadora para efeito de curto-circuito.

O diagrama unifilar apresentado na Figura 2 representa a região estudada, que contempla as obras propostas no relatório R1 já citadas no Item 1. Além dessas obras, destacam-se os seguintes empreendimentos com influência no setor de 345 kV de São Paulo:

- LT 345 kV Piratininga 2 – Bandeirantes C1/C2;
- Fechamento do barramento de 88 kV da SE Sul;
- SE 345/138 kV Domenico Rangoni, seccionando a LT 345 kV Tijuco Preto – Baixada Santista C3;
- Terceiro Transformador 345/88 kV na SE Miguel Reale;
- Seccionamento da LT 345 kV Ibiuna – Tijuco Preto na SE Sul.

As impedâncias consideradas para as novas LTs de 345 kV indicadas no relatório R1 são aquelas consideradas nos casos de curto-circuito do PD 2027.

Adicionalmente, a ISA CTEEP apresentou relatório contemplando a logística das intervenções necessárias a substituição dos equipamentos das SEs Leste e Ramon Reberte Filho. Neste relatório, ficou demonstrada a impossibilidade de execução das obras nestas subestações com os três transformadores existentes, havendo necessidade de instalação dos quartos bancos para viabilidade de implantação dos reforços.

Dessa forma, também foram considerados 4 bancos nas SEs Leste e Ramon Reberte Filho.

A Tabela 1 apresenta os resultados de curto-circuito trifásico e fase-terra nas barras analisadas para o ano de 2026 (ano previsto para a entrada das obras estruturais propostas no R1). Tais resultados foram obtidos a partir dos casos simulados em [4].

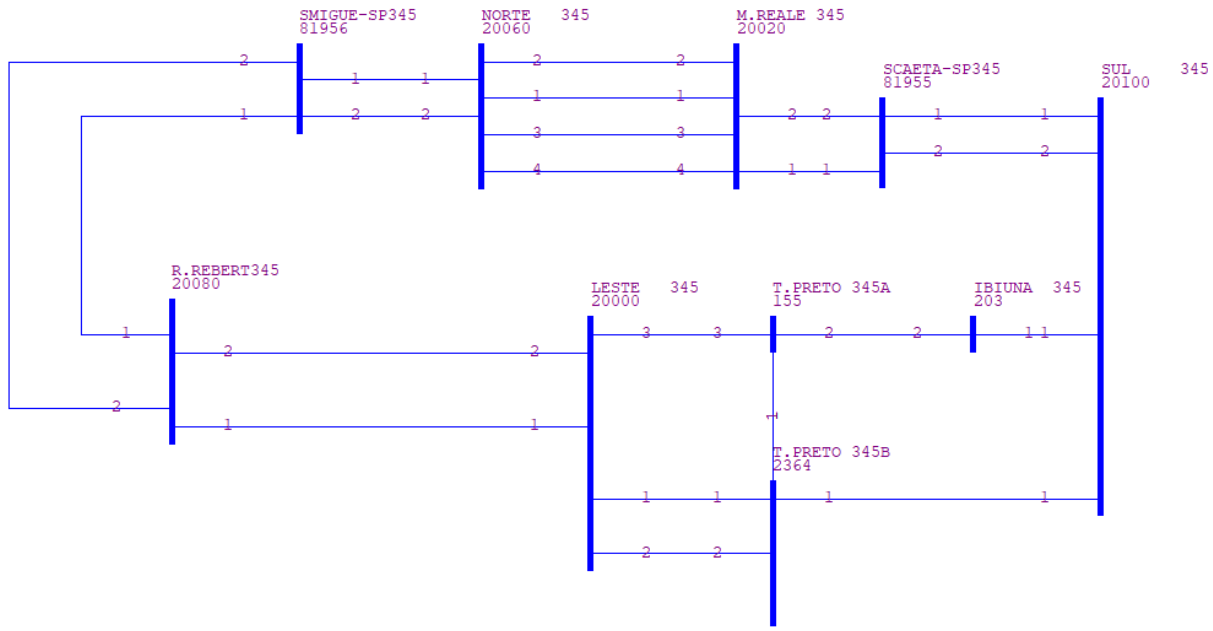


Figura 2: Região elétrica em que foi avaliado o nível de curto-circuito

Tabela 1: Níveis de curto-circuito para o ano de 2026

IDENTIFICAÇÃO			DISJUNTOR	FASE-TERRA			TRIFÁSICO		
Barra de Referência		kV	Nom (kA)	Calc.	Calc./Nom.	X/R	Calc.	Calc./Nom.	X/R
19720	SANGELO 345	345	40	30,28	75,7%	8,2	37,89	94,7%	14,1
19800	BAIXADA 345	345	40	39,45	98,6%	10,4	40,16	100,4%	14,1
20000	LESTE 345	345	40	40,99	102,5%	8,3	39,53	98,8%	14,3
20010	LESTE 88	88	31,5	15,54	49,3%	100,2	32,69	103,8%	31,7
20020	M.REALE 345	345	40	50,67	126,7%	10,5	41,91	104,8%	13,8
20030	M.REALE 88	88	40	15,99	40,0%	90,1	29,16	72,9%	32,9
20060	NORTE 345	345	63	54,85	87,1%	11,8	45,92	72,9%	15,5
20069	NORTE 88B	88	31,5	19,87	63,1%	134,8	29,35	93,2%	60,6
20080	R.REBERT345	345	31,5	47,72	151,5%	9,4	39,88	126,6%	14,4
20090	R.REBERT 88	88	40	18,57	46,4%	90,1	36,09	90,2%	30,8
20100	SUL 345	345	50	47,01	94,0%	7,7	40,45	80,9%	14,3
20110	SUL 88A	88	31,5	24,86	78,9%	65,2	34,35	109,0%	31,3
20111	SUL 88B	88	31,5	24,86	78,9%	65,2	34,35	109,0%	31,3
20200	INTERLAG345	345	40	40,36	100,9%	11,2	40,70	101,8%	17,3
81955	SCAETA-SP345	345		47,67		9,5	39,50		13,8
81956	SMIGUE-SP345	345		50,60		10,7	42,04		14,8

LEGENDA	
	Alerta (90% ≤ kA < 100%)
	Superado (kA ≥ 100%)

A Tabela 2 apresenta as análises Line-Out para os disjuntores com níveis de curto-circuito maiores do que 90% de suas capacidades nominais.

Tabela 2: Análises line-out para o ano de 2026

ANÁLISE DE CURTO - CIRCUITO (LINE-OUT) - ANO 2026																			
IDENTIFICAÇÃO							DISJUNTOR			CURTO - CIRCUITO (kA)									
Barra de Referência			Barra de Contribuição			kV	NIO	SIM	ASSIM	TRIFÁSICO			FASE-TERRA			ASSIMÉTRICO		
								Rms (1)	Pico (2)	Calc. (kA)	Calc./Nom.	X/R	Calc. (kA)	Calc./Nom.	X/R	Pico (6)	[6/2]	
			-----			88				36,09		30,14	18,57		95,49	97,04		
			0	BC-2A	1	88	16	40	103,2	36,09	90,24%	30,14	13,74	34,35%	114,58	97,04	94,03%	
			0	BC-3A	2	88	21	40	103,2	36,09	90,24%	30,14	13,85	34,62%	114,58	97,04	94,03%	
			0	TR-AT	3	88	SECC	40	103,2	36,09	90,24%	30,14	13,48	33,70%	114,58	97,04	94,03%	
			0	BC-3B	4	88	21	40	103,2	36,09	90,24%	30,14	18,79	46,98%	95,49	97,04	94,03%	
			0	BC	5	88	SECC	40	103,2	36,09	90,24%	30,14	18,79	46,98%	95,49	97,04	94,03%	
			0	SHUNT	6	88	SECC	40	103,2	36,09	90,24%	30,14	18,79	46,98%	95,49	97,04	94,03%	
			20081	T#RRF345 88A	1	88	7	40	103,2	28,77	71,91%	33,69	17,08	42,69%	81,85	77,74	75,33%	
20090	R.REBERT 88		20082	T#RRF345 88B	1	88	8	40	103,2	28,64	71,60%	33,69	17,05	42,62%	81,85	77,40	75,00%	
			20083	T#RRF345 88C	1	88	9	40	103,2	28,72	71,81%	33,69	17,07	42,67%	81,85	77,63	75,22%	
			20084	T#RRF345 88D	1	88	NOVO			28,72		33,69	17,07		81,85	77,63		
			20090	S.A	1	88	24	40	103,2	36,09	90,24%	30,14	18,57	46,42%	95,49	97,04	94,03%	
			20090	RRF/SIL 3/4	2	88	22 E 23	40	103,2	36,09	90,24%	30,14	18,57	46,42%	95,49	97,04	94,03%	
			20090	RRF/CRA 1/2	5	88	17 E 18	40	103,2	36,09	90,24%	30,14	18,57	46,42%	95,49	97,04	94,03%	
			20090	RRF/ADE 1/2	8	88	13 E 14	40	103,2	36,09	90,24%	30,14	18,57	46,42%	95,49	97,04	94,03%	
			20090	PARALELO	9	88	24-2	40	103,2	36,09	90,24%	30,14	18,57	46,42%	95,49	97,04	94,03%	
			20090	RRF/ADE 3	10	88	20	40	103,2	36,09	90,24%	30,14	18,57	46,42%	95,49	97,04	94,03%	
			20090	RRF/ADE 4	11	88	19	40	103,2	36,09	90,24%	30,14	18,57	46,42%	95,49	97,04	94,03%	
			-----			345				37,89		13,95	30,28		8,14	96,37		
			19640	ITAPETI 345	1	345	26 E 27	40	103,2	32,38	80,94%	13,62	26,59	66,48%	8,64	82,14	79,59%	
19720	SANGELO 345		19640	ITAPETI 345	2	345	23 E 24	40	103,2	32,38	80,94%	13,62	26,63	66,59%	8,64	82,14	79,59%	
			19711	T#SAA440345A	1	345	22 E 23	40	103,2	35,09	87,74%	13,95	27,62	69,05%	8,39	89,26	86,49%	
			19712	T#SAA440345B	1	345	25 E 26	40	103,2	35,09	87,74%	13,95	27,62	69,05%	8,39	89,26	86,49%	
			-----			345				40,16		13,95	39,45		10,39	102,14		
			155	T.PRETO 345A	2	345	10	50	129	35,72	71,45%	13,30	35,75	71,50%	10,78	88,34	68,48%	
			2364	T.PRETO 345B	3	345	33	50	129	35,79	71,58%	13,30	35,28	70,56%	11,21	90,58	70,22%	
			18014	D.RANGONI345	1	345	NOVO			38,59		14,30	38,14		10,58	98,38		
			19480	EMBUGUACU345	1	345	6	40	103,2	36,89	92,22%	13,95	36,95	92,36%	10,78	91,29	88,46%	
			19800	PARALELO	1	345	24-1	40	103,2	40,16	100,40%	13,95	39,45	98,62%	10,39	102,14	98,98%	
19800	BAIXADA 345		19800	BAIXADA	2	345	24-2	50	129	40,16	80,32%	13,95	39,45	78,89%	10,39	102,14	79,18%	
			19801	T#BSA345230	1	345	5	40	103,2	37,61	94,03%	13,30	35,94	89,86%	9,51	95,19	92,24%	
			19803	T#BSA345 88C	1	345	11	40	103,2	39,97	99,91%	14,30	38,21	95,53%	9,85	101,90	98,74%	
			19804	T#BSA345 88D	1	345	12	40	103,2	39,97	99,92%	14,30	38,22	95,55%	9,85	101,90	98,74%	
			19805	T#BSA345 88E	1	345	34	50	129	39,96	79,92%	14,30	38,20	76,40%	9,85	101,89	78,98%	
			19806	A#BSASUL345	1	345	7	40	103,2	35,05	87,63%	13,62	34,89	87,24%	11,21	88,94	86,18%	
			19920	COSIPA	1	345	9	40	103,2	40,16	100,40%	13,95	39,38	98,44%	10,39	102,14	98,98%	
			19920	COSIPA	2	345	8	40	103,2	40,16	100,40%	13,95	39,38	98,44%	10,39	102,14	98,98%	
			-----			345				39,53		14,30	40,99		8,39	97,83		
			155	T.PRETO 345A	3	345	3	40	103,2	35,45	88,62%	13,95	37,75	94,38%	8,64	90,51	87,71%	
			2364	T.PRETO 345B	1	345	1	40	103,2	36,69	91,72%	13,95	38,68	96,71%	8,51	92,53	89,66%	
			2364	T.PRETO 345B	2	345	2	40	103,2	36,51	91,26%	13,95	38,70	96,75%	8,51	92,57	89,70%	
			20000	PARALELO	1	345	24-1	40	103,2	39,53	98,83%	14,30	40,23	100,57%	7,92	95,15	92,20%	
20000	LESTE 345		20002	T#LES345 88B	1	345	8	40	103,2	39,53	98,83%	14,30	40,23	100,57%	7,92	95,15	92,20%	
			20003	T#LES345 88C	1	345	7	40	103,2	39,53	98,83%	14,30	40,23	100,57%	7,92	95,15	92,20%	
			20004	T#LES345 88D	1	345	6	40	103,2	39,53	98,83%	14,30	40,22	100,56%	7,92	95,14	92,19%	
			20005	T#LES345 88E	1	345	NOVO			39,53	#DIV/0!	14,30	40,23		7,92	95,15		
			20080	R.REBERT 345	1	345	4	40	103,2	38,08	95,20%	14,30	38,95	97,39%	8,64	93,39	90,50%	
			20080	R.REBERT 345	2	345	5	40	103,2	38,08	95,20%	14,30	38,95	97,39%	8,64	93,39	90,50%	
			-----			88				32,69		31,82	15,54		95,49	88,13		
			0	TR-AT-1	1	88	SECC			32,69		31,82	6,96		190,97	88,13		
			0	TR-AT-2	2	88	SECC			32,69		31,82	9,90		143,23	88,13		
			0	B.CAP	3	88	25	40	103,2	32,69	81,74%	31,82	16,06	40,14%	95,49	88,13	85,39%	
			0	BCO CAP	4	88	32	31,5	81,27	32,69	103,79%	31,82	16,06	50,97%	95,49	88,13	108,44%	
			20002	T#LES345 88B	1	88	15	50	129	25,90	51,80%	33,69	14,35	28,69%	95,49	70,00	54,26%	
			20003	T#LES345 88C	1	88	14	40	103,2	25,90	64,75%	33,69	14,35	35,86%	95,49	70,00	67,83%	
			20004	T#LES345 88D	1	88	13	40	103,2	25,86	64,64%	33,69	14,34	35,84%	95,49	69,88	67,71%	
			20005	T#LES345 88E	1	88	NOVO			25,90		33,69	14,35		95,49	70,00		
20010	LESTE 88		20010	C1 VOL	3	88	22	31,5	81,27	32,69	103,79%	31,82	15,54	49,33%	95,49	88,13	108,44%	
			20010	C2 VOL	4	88	23	31,5	81,27	32,69	103,79%	31,82	15,54	49,33%	95,49	88,13	108,44%	
			20010	C1 NOR	5	88	20	40	103,2	32,69	81,74%	31,82	15,54	38,85%	95,49	88,13	85,39%	
			20010	C2 NOR	6	88	21	40	103,2	32,69	81,74%	31,82	15,54	38,85%	95,49	88,13	85,39%	
			20010	PARALELO	8	88	24-2	40	103,2	32,69	81,74%	31,82	15,54	38,85%	95,49	88,13	85,39%	
			20010	CAPUAVA C1	9	88	30	37	95,46	32,69	88,36%	31,82	15,54	42,00%	95,49	88,13	92,32%	
			20010	CAPUAVA C2	10	88	31	37	95,46	32,69	88,36%	31,82	15,54	42,00%	95,49	88,13	92,32%	
			20010	CAPUAVA C3	11	88	28	37	95,46	32,69	88,36%	31,82	15,54	42,00%	95,49	88,13	92,32%	
			20010	CAPUAVA C4	12	88	29	37	95,46	32,69	88,36%	31,82	15,54	42,00%	95,49	88,13	92,32%	

ANÁLISE DE CURTO - CIRCUITO (LINE-OUT) - ANO 2026																		
IDENTIFICAÇÃO							DISJUNTOR			CURTO - CIRCUITO (kA)								
Barra de Referência		Barra de Contribuição						SIM	ASSIM	TRIFÁSICO			FASE-TERRA			ASSIMÉTRICO		
						kV	NIO	Rms (1)	Pico (2)	Calc. (kA)	Calc./Nom.	X/R	Calc. (kA)	Calc./Nom.	X/R	Pico (6)	[6/2]	
			-----			345				41,92		13,62	50,67		10,58	124,92		
			0	REATOR	1	345	7	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,65	126,62%	10,58	124,86	120,06%	
			0	REATOR	7	345	10	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,65	126,62%	10,58	124,86	120,06%	
			20020	PARALELO	1	345	24-1	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,67	126,69%	10,58	124,92	120,12%	
			20020	FUTURO	2	345	9 (F)			41,92		13,62	50,67		10,58	124,92		
			20020	FUTURO	3	345	11 (F)			41,92		13,62	50,67		10,58	124,92		
			20021	T#MRE345 20A	1	345	5	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,58	126,46%	10,39	124,40	119,62%	
			20022	T#MRE345 20B	1	345	8	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,58	126,45%	10,39	124,40	119,61%	
20020	M.REALE 345		20023	T#MRE345 88D	1	345	6	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,33	125,83%	10,39	123,78	119,02%	
			20028	T#MRE345 88F	1	345	12	40	104	41,92	104,79%	13,62	50,33	125,83%	10,39	123,79	119,03%	
			20029	T#MRE345 88E	1	345	NOVO			41,92		13,62	50,33		10,39	123,78		
			20060	NORTE 345	1	345	1	40	104	40,74	101,85%	13,30	49,34	123,35%	10,02	120,78	116,14%	
			20060	NORTE 345	2	345	2	40	104	40,74	101,85%	13,30	49,34	123,35%	10,02	120,78	116,14%	
			20060	NORTE 345	3	345	3	40	104	40,72	101,81%	13,30	49,33	123,31%	10,02	120,74	116,10%	
			20060	NORTE 345	4	345	4	40	104	40,72	101,81%	13,30	49,33	123,31%	10,02	120,74	116,10%	
			81955	SCAETA-SP345	1	345	NOVO			40,98		13,62	49,58		10,02	121,37		
			81955	SCAETA-SP345	2	345	NOVO			40,98		13,62	49,58		10,02	121,37		
			-----			88				29,16		33,69	15,99		95,49	78,79		
			-----			88				29,16		33,69	15,99		95,49	78,79		
			-----			88				29,13		33,69	15,99		95,49	78,79		
			20023	T#MRE345 88D	1	88	17	40	103,2	20,65	51,63%	35,80	13,89	34,73%	95,49	56,00	54,26%	
			20028	T#MRE345 88F	1	88	22	40	103,2	20,65	51,63%	35,80	13,89	34,73%	95,49	56,00	54,26%	
20030	M.REALE 88		20030	PARALELO	1	88	24-2	40	103,2	29,16	72,89%	33,69	15,99	39,98%	95,49	78,79	76,35%	
			20030	LTS WIL-1	2	88	15	40	103,2	29,16	72,89%	33,69	15,99	39,98%	95,49	78,79	76,35%	
			20030	LTSMRE-CAM1	3	88	16	40	103,2	29,16	72,89%	33,69	15,99	39,98%	95,49	78,79	76,35%	
			20030	LTS MRE-CAM2	4	88	18	40	103,2	29,16	72,89%	33,69	15,99	39,98%	95,49	78,79	76,35%	
			20030	LTS MRE-WIL2	5	88	21	40	103,2	29,16	72,89%	33,69	15,99	39,98%	95,49	78,79	76,35%	
			-----			88				29,35		63,66	19,87		100,70			
			0	BCO CAP	5	88	15	31,5	81,27	29,35	93,18%	63,66	20,02	63,56%	100,70	81,02	99,70%	
			0	BCO CAP	6	88	15	31,5	81,27	29,35	93,18%	63,66	20,02	63,56%	100,70	81,02	99,70%	
			18171	T#NOR345 88E	5	88	57	40	104	20,70	51,74%	57,30	16,71	41,76%	114,58	56,97	54,78%	
			20062	T#NOR345 88B	2	88	16	31,5	81,27	20,70	65,71%	57,30	16,71	53,04%	286,45	56,99	70,12%	
20069	NORTE 88B		20065	T#NOR345 88A	1	88	34	50	81,27	20,70	41,39%	57,30	16,71	33,41%	114,58	56,97	70,10%	
			20069	LESTE	1	88	24 E 25	31,5	81,27	29,35	93,18%	63,66	19,87	63,06%	100,70	81,02	99,70%	
			20069	NORDESTE	2	88	26 E 27	31,5	81,27	29,35	93,18%	63,66	19,87	63,06%	100,70	81,02	99,70%	
			20069	PARALELO	3	88	24-2	31,5	81,27	29,35	93,18%	63,66	19,87	63,06%	100,70	81,02	99,70%	
			20069	VGA C1 E C2		88	11 E 12	40	104	29,35	73,38%	63,66	19,87	49,66%	100,70	81,02	77,91%	
			20069	INT. 4A E 4B	4	88	5	50	129	29,35	58,71%	63,66	19,87	39,73%	100,70	81,02	62,81%	
			-----			345				39,88		14,30	47,72		9,36	115,73		
			20000	LESTE 345	1	345	1	31,5	81,27	38,67	122,77%	14,30	46,48	147,54%	9,36	112,71	138,69%	
			20000	LESTE 345	2	345	2	31,5	81,27	38,67	122,77%	14,30	46,48	147,54%	9,36	112,71	138,69%	
			20080	PARALELO	1	345	24-1	31,5	81,27	39,88	126,59%	14,30	47,36	150,35%	9,06	114,33	140,68%	
20080	R.REBERT345		20081	T#RRF345 88A	1	345	3	31,5	81,27	39,88	126,59%	14,30	47,36	150,35%	9,06	114,33	140,68%	
			20082	T#RRF345 88B	1	345	6	31,5	81,27	39,88	126,59%	14,30	47,36	150,33%	9,06	114,32	140,66%	
			20083	T#RRF345 88C	1	345	4	31,5	81,27	39,88	126,59%	14,30	47,36	150,35%	9,06	114,33	140,68%	
			20084	T#RRF345 88D	1	345	NOVO			39,88		14,30	47,36		9,06	114,33		
			81956	SMIGUE-SP345	1	345	NOVO			37,47		13,95	44,64		8,39	106,54		
			81956	SMIGUE-SP345	2	345	NOVO			37,47		13,95	44,64		8,39	106,54		
			-----			88				34,35		31,82	24,86		63,66	92,60		
			0	TR-AT-3	1	88	SECC(F)	99	255,42	34,35	34,70%	31,82	20,17	20,37%	81,85	92,60	36,25%	
			0	TR-AT-4	2	88	SECC(F)	99	255,42	34,35	34,70%	31,82	20,38	20,58%	81,85	92,60	36,25%	
			0	BCO.CAP	3	88	30	31,5	81,27	34,35	109,06%	31,82	25,15	79,85%	63,66	92,60	113,94%	
			20101	T#SUL345 88A	1	88	14	40	103,2	27,65	69,13%	33,69	22,26	55,64%	63,66	74,73	72,42%	
			20102	T#SUL345 88B	1	88	16	40	103,2	27,63	69,08%	33,69	22,25	55,62%	63,66	74,67	72,36%	
			20110	PARALELO	1	88	24-2	40	103,2	34,35	85,88%	31,82	24,86	62,14%	63,66	92,60	89,73%	
20110	SUL 88A		20110	C1 SCS	5	88	28	37,5	96,75	34,35	91,61%	31,82	24,86	66,28%	63,66	92,60	95,71%	
			20110	C2 SCS	6	88	29	37,5	96,75	34,35	91,61%	31,82	24,86	66,28%	63,66	92,60	95,71%	
			20110	C1 ALV	7	88	33	40	103,2	34,35	85,88%	31,82	24,86	62,14%	63,66	92,60	89,73%	
			20110	C2 ALV	8	88	34	40	103,2	34,35	85,88%	31,82	24,86	62,14%	63,66	92,60	89,73%	
			20110	C1 PIR	9	88	31	40	103,2	34,35	85,88%	31,82	24,86	62,14%	63,66	92,60	89,73%	
			20110	C2 PIR	10	88	32	40	103,2	34,35	85,88%	31,82	24,86	62,14%	63,66	92,60	89,73%	
			20110	C1 HB	11	88	27	37,5	96,75	34,35	91,61%	31,82	24,86	66,28%	63,66	92,60	95,71%	
			20110	C2 HB	12	88	26	37,5	96,75	34,35	91,61%	31,82	24,86	66,28%	63,66	92,60	95,71%	
			20111	SUL 88B	1	88				18,31		38,19	13,90		71,61	49,73		
			-----			88				34,35		31,82	24,86		63,66	92,60		
			0	TR-AT	1	88	SECC	40	103,2	34,35	85,88%	31,82	21,66	54,14%	71,61	92,60	89,73%	
			0	TR-AT	2	88	SECC	40	103,2	34,35	85,88%	31,82	21,77	54,43%	71,61	92,60	89,73%	
			0	BCO CAP	3	88	21	40	103,2	34,35	85,88%	31,82	25,15	62,88%	63,66	92,60	89,73%	
			20103	T#SUL345 88C	1	88	10	31,5	81,27	26,89	85,36%	33,69	21,92	69,59%	63,66	72,67	89,41%	
			20104	T#SUL345 88D	1	88	9	31,5	81,27	26,72	84,82%	33,69	21,85	69,36%	63,66	72,21	88,85%	
			20110	SUL 88A	1	88	24-5	40	103,2	20,19	50,48%	35,80	12,02	30,04%	95,49	54,71	53,01%	
20111	SUL 88B		20111	PARALELO	13	88	24-3	40	103,2	34,35	85,88%	31,82	24,86	62,14%	63,66	92,60	89,73%	
			20111	C3 ZF	15	88	25	37,5	96,75	34,35	91,61%	31,82	24,86	66,28%	63,66	92,60	95,71%	
			20111	C4 ZF	16	88	24	37,5	96,75	34,35	91,61%	31,82	24,86	66,28%	63,66	92,60	95,71%	
			20111	C3 BAN	17	88	22	40	103,2	34,35	85,88%	31,82	24,86	62,14%	63,66	92,60	89,73%	
			20111	C4 BAN	18	88	23	40	103,2	34,35	85,88%	31,82	24,86	62,14%	63,66	92,60	89,73%	
			20111	C5 WIL	19	88	19	31,5	81,27	34,35	109,06%	31,82	24,86	78,91%	63,66	92,60	113,94%	
			20111	C6 WIL	20	88	20	31,5	81,27	34,35	109,06%	31,82	24,86	78,91%	63,66	92,60	113,94%	
			20111	C1 CAP	21	88	18	37	95,46	34,35	92,85%	31,82	24,86	67,18%	63,66	92,60	97,00%	
			20111	C2 CAP	22	88	17	37	95,46	34,35	92,85%	31,82	24,86	67,18%	63,66	92,60	97,00%	

ANÁLISE DE CURTO - CIRCUITO (LINE-OUT) - ANO 2026																		
IDENTIFICAÇÃO							DISJUNTOR			CURTO - CIRCUITO (kA)								
Barra de Referência			Barra de Contribuição			kV	NIO	SIM	ASSIM	TRIFÁSICO			FASE-TERRA			ASSIMÉTRICO		
								Rms (1)	Pico (2)	Calc. (kA)	Calc./Nom.	X/R	Calc. (kA)	Calc./Nom.	X/R	Pico (6)	[6/2]	
20200	INTERLAG345		-----			345				40,70		17,34	40,36		11,21	105,58		
			0	BCO 1A/2A	1	345	24	50	129	40,70	81,40%	17,34	40,45	80,89%	11,21	105,58	81,85%	
			0		2	345				40,70		17,34	40,47		11,21	105,58		
			203	IBIUNA 345	1	345	12 E 17	40	103,2	38,21	95,54%	16,83	38,58	96,44%	11,21	95,78	92,81%	
			203	IBIUNA 345	2	345	8 E 15	40	103,2	38,21	95,54%	16,83	38,58	96,44%	11,21	95,78	92,81%	
			19480	EMBUGUACU345	1	345	6 E 14	40	103,2	38,27	95,68%	17,34	38,50	96,26%	11,43	95,82	92,85%	
			19480	EMBUGUACU345	2	345	4 E 13	40	103,2	38,27	95,68%	17,34	38,51	96,27%	11,43	95,84	92,87%	
			20201	T#INT345230A	1	345	7 E 15	40	103,2	39,44	98,61%	16,83	38,78	96,95%	10,78	102,07	98,91%	
			20202	T#INT345230B	1	345	9 e 16	50	129	39,46	78,91%	16,83	38,79	77,59%	10,78	102,10	79,15%	
			20280	XAVANTES345	1	345	3 E 13	40	103,2	40,39	100,97%	17,34	39,96	99,90%	10,99	104,77	101,53%	
			20280	XAVANTES345	2	345	5 E 14	40	103,2	40,39	100,97%	17,34	39,96	99,90%	10,99	104,77	101,53%	
			20390	PIRATI345KV	1	345	10 E 16	50	129	40,69	81,38%	17,34	40,29	80,58%	11,21	105,56	81,83%	
			20390	PIRATI345KV	2	345	25E26NA	63	162,54	40,69	64,59%	17,34	40,29	63,95%	11,21	105,56	64,94%	

LEGENDA
Alerta (90% ≤ kA < 100%)
Superado (kA ≥ 100%)

De posse das tabelas acima, observa-se que com a entrada das obras propostas no Relatório R1 e apresentadas no Item 0, todos os disjuntores da SE Miguel Reale e Ramon Reberte Filho 345 kV encontram-se superados.

Também foram verificadas superações em alguns disjuntores das seguintes subestações:

- SE Sul 88 kV:
  - Disjuntor do banco de capacitores da barra A;
  - Disjuntores das LTs 88 kV Sul – Wilson 5 e 6.

Estas superações já foram constatadas e indicadas no relatório EPE-DEE-NT-123_2015_rev0 durante as análises relativas ao fechamento da barra de 88 kV da SE Sul.

- SE Baixada 345 kV:
  - Disjuntor de interligação de barras;
  - Disjuntores das LTs 345 kV Baixada Santista – Cosipa.
- SE Interlagos 345 kV:
  - Disjuntores da LT 345 kV Interlagos – Xavantes C1/C2;
- SE Leste 345 kV:
  - Disjuntor de interligação de barras;
  - Disjuntores dos transformadores 345/88 kV existentes.

Adicionalmente, são feitos os seguintes comentários relativos aos disjuntores das seguintes subestações:

- SE Norte B 88 kV:
  - Disjuntor dos bancos de capacitores 2A e 2B;
  - Disjuntor de interligação de barras;
  - Disjuntores da LT 88 kV Norte – Leste C1/C2;
  - Disjuntores da LT 88 kV Norte – Nordeste C1/C2.

Do ponto de vista da corrente assimétrica de curto-circuito, nota-se que o valor calculado nas simulações é praticamente 100% (99,7%) o valor nominal destes equipamentos.

- SE Interlagos 345 kV:
    - Disjuntores do TR-1 345/230 kV;

Os valores calculados para correntes simétrica e assimétrica são de 98,6% e 99,1% os valores nominais dos equipamentos.

Vale comentar que, visando aumento na confiabilidade de suprimento de energia, o Estudo de atendimento à região metropolitana de São Paulo deverá contemplar o fechamento de mais um anel no setor de 345 kV da região, alimentando as cargas da SE Centro. O fechamento desse anel, por menor que seja a elevação nos níveis de curto-circuito das barras da região, deverá levar estes equipamentos a superação.

Dessa forma, considerando que os resultados representam praticamente 100% dos valores nominais dos equipamentos e que ainda existe previsão na elevação dos níveis de curto-circuito do sistema, é recomendável a substituição dos disjuntores mencionados nas subestações Norte B 88 kV e Interlagos 345 kV.

Com relação ao quarto banco de transformadores 345/88 kV na SE Ramon Reberte Filho, do ponto de vista de curto-circuito no setor de 88 kV desta subestação, não são verificadas superações nos ativos da ISA CTEEP quando os quatro equipamentos operam em paralelo. Entretanto, do ponto de vista dos equipamentos da concessionária de distribuição Enel SP, os valores calculados superam as capacidades dos seus equipamentos, que são de 31,5 kA para faltas trifásicas e 21 kA para faltas monofásicas.

Já na SE Leste, verifica-se que com a operação dos quatro bancos em paralelo, há superação dos seguintes disjuntores de 88 kV:

- Banco de capacitores BC-2;
- LT 88 kV Leste – Vol C1/C2.

Dessa forma, a recomendação é que quando os quatro bancos de transformadores estejam disponíveis, apenas três operem em paralelo e o quarto apenas entre em operação caso ocorra a contingência de um equipamento. O esquema para sua entrada em operação pode ser semelhante ao que existe atualmente na SE 345 kV Bandeirantes.

3 IMPEDÂNCIAS DOS NOVOS TRANSFORMADORES

Este Item tem como objetivo indicar valores orientativos para as impedâncias dos novos transformadores das novas SEs 345 kV São Miguel e São Caetano do Sul indicadas no relatório R1 [1], conforme capacidade de curto-circuito dos equipamentos de 88 kV especificados pela Enel SP.

Os valores de referência informados pela distribuidora para os níveis de curto-circuito são de 31,5 kA para faltas trifásicas e 21 kA para faltas monofásicas. Dessa forma, os novos transformadores devem ser especificados com impedâncias que garantam estes níveis de falta nas novas SEs.

Tomando como referência as SEs Norte e Bandeirantes 345 kV, que possuem três transformadores operando em paralelo, tomou-se como referência os valores de impedância apresentados na Tabela abaixo.

Tabela 3: Impedâncias tomadas como referência
SEs Norte e Bandeirantes 345 kV que possuem três transformadores em paralelo

SE	z (%) (*)	z (%) (**)
Norte 345/88 kV	5,62	22,49
Bandeirantes 345/88 kV	5,68	22,73

(*) Base trifásica de 100 MVA
(**) Base trifásica de 400 MVA

A Tabela e as Figuras abaixo apresentam os cálculos de curto-circuito trifásico para as barras de 88 kV das novas SEs considerando a impedância de 23% (base trifásica de 400 MVA).

Vale comentar que os níveis de falta trifáisca nos setores de 345 kV foram estimados com acréscimo de aproximadamente 10%, visando o fechamento de novo anel da região metropolitana de SP para atendimento às cargas da SE Centro.

Tabela 4: Cálculo dos níveis de curto-circuito trifásico nas barras de 88 kV das novas SEs considerando impedância dos transformadores de 23 % (base trifásica de 400 MVA)

SE	Setor de 345 kV		Trafos em Paralelo	Setor de 88 kV		
	CC_3F (kA)	X/R_3F		Ref (kA)	%	CC_3F (kA)
São Miguel	47,52	15,89	3	-	-	28,92
			4	-	-	36,67
São Caetano	43,30	15,06	3	-	-	28,49
			4	-	-	35,98

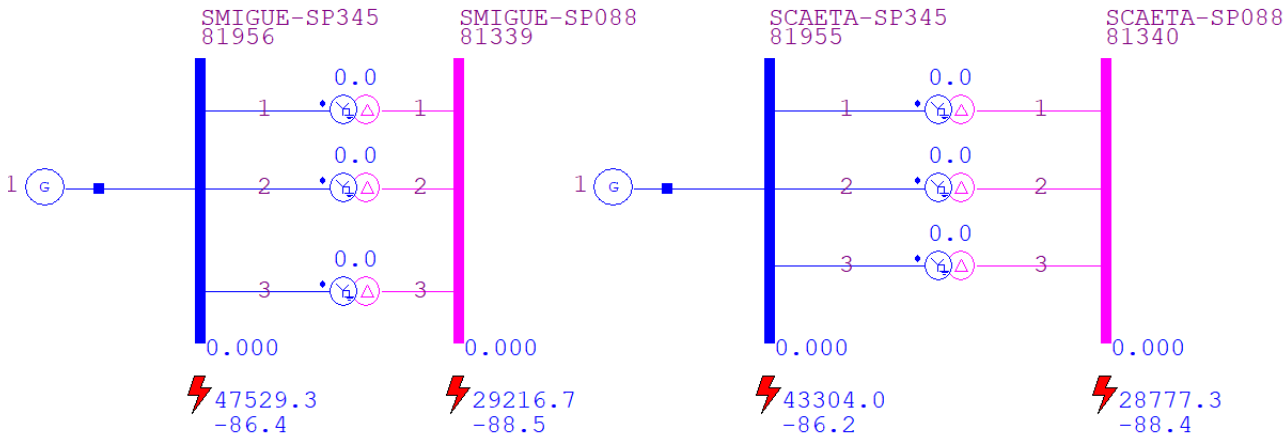


Figura 3: Cálculo de faltas trifásicas nas novas SEs 345/88 kV São Miguel e São Caetano do Sul considerando as impedâncias dos novos transformadores em 23% e X/R típico de 50
Operação de três equipamentos em paralelo

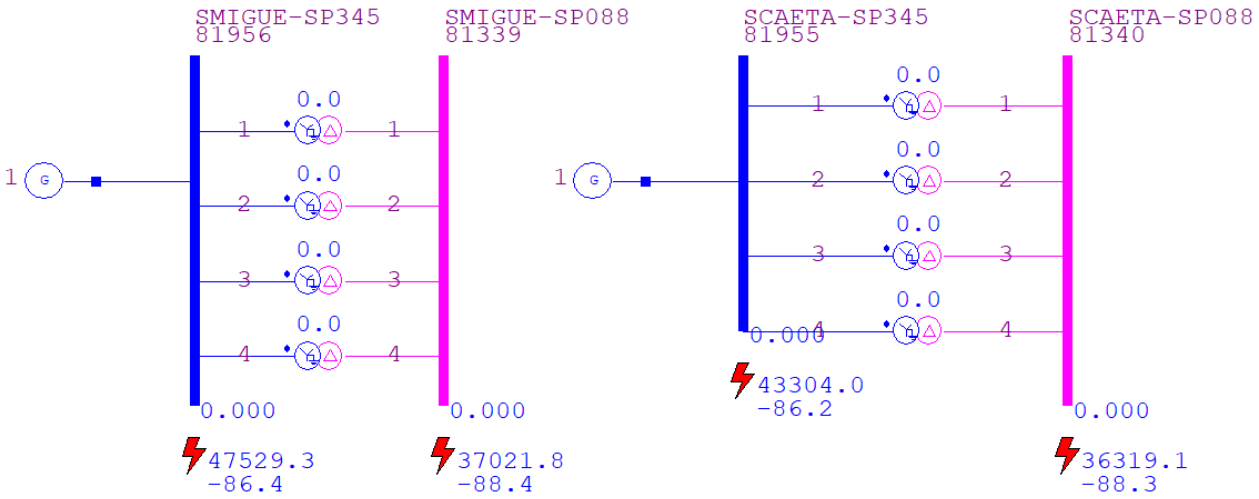


Figura 4: Cálculo de faltas trifásicas nas novas SEs 345/88 kV São Miguel e São Caetano do Sul considerando as impedâncias dos novos transformadores em 23% e X/R típico de 50
Operação de quatro equipamentos em paralelo

Nota-se que com a operação de três transformadores em paralelo, a utilização de valores de impedâncias já adotadas no sistema existente, atende os níveis de falta da Enel SP. Entretanto, a operação de quatros equipamentos em paralelo é inviável do ponto de vista de curto-circuito.

Com relação aos níveis de curto-circuito fase-terra nos setores de 88 kV das novas SEs, as figuras abaixo apresentam os valores de corrente de falta fase-terra considerando 2 transformadores de aterramento de impedância 13,5% (bases 100 MVA e 88 kV) conectados nessas barras. Tal impedância e o número de TR-ATs operando foram considerados conforme operação da barra A da SE Sul 88 kV. A utilização de valores nominais superiores é deverá reduzir o nível de falta monofásica nesses setores, porém, adotou-se o valor referencial acima de forma conservadora.

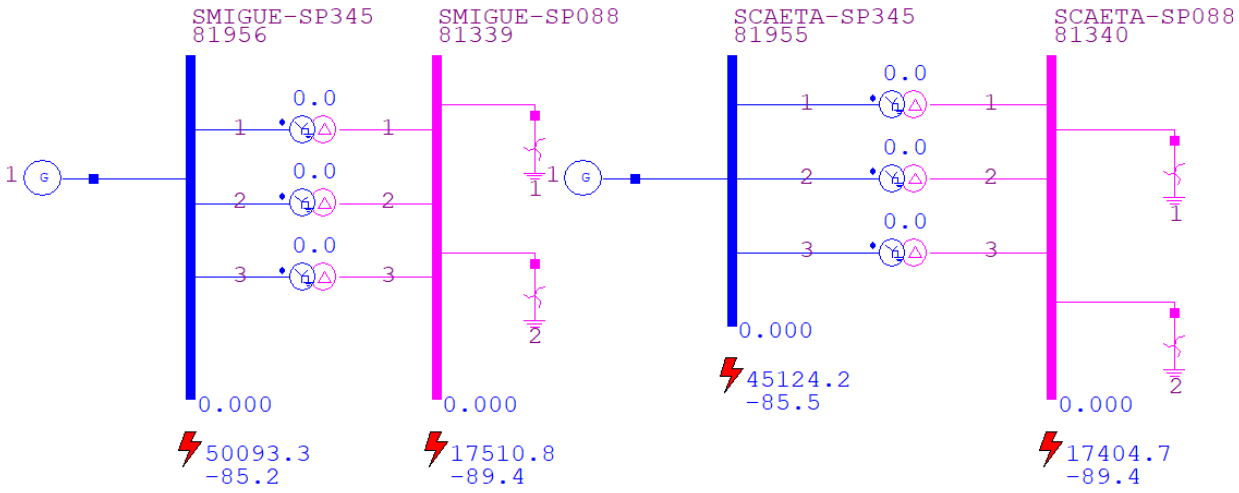


Figura 5: Cálculo de faltas monofásicas nas novas SEs 345/88 kV São Miguel e São Caetano do Sul considerando as impedâncias de 23% (base trifásica de 400 MVA) para os novos transformadores – Operação de três transformadores em paralelo e dois transformadores de aterramento nas barras de 88 kV com impedância de 13,5% (Bases de 100 MVA e 88 kV).

4 CONCLUSÕES

Este relatório teve como objetivo atualizar o relatório R1 da Região Metropolitana de São Paulo [1] com relação aos níveis de curto-circuito das subestações ao redor dos empreendimentos propostos pela EPE, considerando o estudo de curto-circuito realizado anualmente pela ISA CTEEP [4].

De posse da Tabela 1, observa-se que com a entrada das obras propostas no Relatório R1, todos os disjuntores das SEs 345 Miguel Reale e Ramon Reberte Filho encontram-se superados. Observa-se também superação do disjuntor de interligação de barras da SE Leste 345 kV e dos disjuntores dos transformadores 345/88 kV

Também são verificadas superações de alguns disjuntores das SE Sul 88 kV, Baixada Santista 345 kV e Interlagos 345 kV.

Para as SEs Norte B 88 kV e Interlagos 345 kV, verificou-se para alguns disjuntores que a relação de curto-circuito está acima de 90% de suas capacidades nominais de interrupção.

Dessa forma, recomenda-se que os disjuntores com estas constatações também sejam substituídos, já que ainda existe previsão de elevação nos níveis de curto-circuito da região após o fechamento de mais um anel no setor de 345 kV da Grande São Paulo, com a alimentação das cargas da SE Centro.

O relatório também apresentou um estudo orientativo para a verificação dos níveis de curto-circuito nos setores de 88 kV das novas SEs São Miguel e São Caetano do Sul com base em valores de impedância de equipamentos existentes no sistema de 345 kV da ISA CTEEP.

Verifica-se que com a operação de três transformadores em paralelo, a utilização de impedâncias próximas a 25% (base trifásica de 400 MVA) atende o valor de corrente de falta trifásica de 31,5 kA nessas novas SEs. Entretanto, fica impossibilitada a operação de quatro equipamentos em paralelo.

Do ponto de vista de faltas monofásicas, de forma conservadora utilizou-se como referência o valor de impedância de 13,5% para os transformadores de aterramento e verificou-se que o valor de 21 kA para falta monofásica é atendido.

Vale comentar que os valores adotados neste relatório são orientativos e a especificação de impedâncias diferentes daquelas adotadas neste relatório também é possível, desde que sejam atendidos os requisitos de regime permanente e transitórios no sistema elétrico.

5 REFERÊNCIAS

[1] EPE. Estudos para a Expansão da Transmissão – Análise Técnico-Econômica de Alternativas: Relatório R1 (minuta). Estudo de Atendimento Elétrico à Região Metropolitana de São Paulo.

[2] Plano de Ampliação e Reforços – Ciclo 2017/2019 – Casos de Referência de Curto-Circuito: BR1612PZ; BR1712PZ; BR1812PZ; BR1912PZ; <http://www.ons.org.br/operacao/base_dados_curtoc_referencia.aspx>, acessado em 28/09/2017 às 13:00 horas;

[3] ONS, Procedimentos de Rede – Submódulo 23.3 – Diretrizes e critérios para estudos elétricos;

[4] ISA CTEEP, Relatório Técnico de Curto-Circuito - Período 2017-2026.

ANÁLISE CRÍTICA DO RELATÓRIO R2 Empreendimento: SE São Miguel			
Característica da Instalação	**Recomendações R1**	**Considerações do R2**	**Justificativas em Caso de Alterações no R2**
Potência Nominal (MVA)	3 x 400 MVA (9+1R 133,33 MVA)		
Tipo (trifásico ou monofásico; transformador ou autotransformador)	Transformador, banco monofásico (1ø)		
Resistência de sequência positiva, 60 hz (Ω)	---		
Reatância, 60 hz (Ω)	23% na própria base		
Ligação dos enrolamentos	Estrela-delta		
Defasador	---		
Faixa de Steps	±10%, com no mínimo 21 posições		
OBSERVAÇÕES			

ANÁLISE CRÍTICA DO RELATÓRIO R2 Empreendimento: SE São Caetano do Sul			
Característica da Instalação	**Recomendações R1**	**Considerações do R2**	**Justificativas em Caso de Alterações no R2**
Potência Nominal (MVA)	2 x 400 MVA (6+1R 133,33 MVA)		
Tipo (trifásico ou monofásico; transformador ou autotransformador)	Transformador, banco monofásico (1ø)		
Resistência de sequência positiva, 60 hz (Ω)	---		
Reatância, 60 hz (Ω)	23% na própria base		
Ligação dos enrolamentos	Estrela-delta		
Defasador	---		
Faixa de Steps	±10%, com no mínimo 21 posições		
OBSERVAÇÕES			

ANÁLISE CRÍTICA DO RELATÓRIO R2 Empreendimento: LT 345 kV Norte – São Miguel (Subterrânea)			
Característica da Instalação	**Recomendações R1**	**Considerações do R2**	**Justificativas em Caso de Alterações no R2**
Comprimento do circuito (km)	8,1 km		
Condutor utilizado (tipo e número por fase)	Subterrânea 1600 mm^2 Al (XLPE)		
Capacidade operativa de longa duração (A)	742		
Capacidade operativa de curta duração (A)	1254		
Parâmetros de sequência positiva, 60 Hz Resistência, a 50º C (Ω/km)	0,0226		
Reatância (Ω/km)	0,2424		
Susceptância (µS/km)	79,05		
Parâmetros de Mútuas, se aplicável (a ser especificado, caso a caso)			
Parâmetros de sequência zero, 60 Hz Resistência, a 50º C (Ω/km)	0,1087		
Reatância (Ω/km)	0,0898		
Susceptância (µS/km)	79,05		
Parâmetros de Mútuas, se aplicável (a ser especificado, caso a caso)	--		
Reatores de linha (extremidade; Mvar; tipo: fixo/manobrável)	--		
Capacitor série (extremidade; Mvar; reatância - Ω; grau de compensação da LT - %)	--		
Cenário utilizado no cálculo do equivalente de rede	-		
Fluxo máximo na linha considerado no estudo (MVA)	-		
OBSERVAÇÕES			

ANÁLISE CRÍTICA DO RELATÓRIO R2 Empreendimento: LT 345 kV São Miguel - Ramon, C1 e C2 (Subterrânea)			
Característica da Instalação	**Recomendações R1**	**Considerações do R2**	**Justificativas em Caso de Alterações no R2**
Comprimento do circuito (km)	9,1 km		
Condutor utilizado (tipo e número por fase)	Subterrânea 1600 mm^2 Al (XLPE)		
Capacidade operativa de longa duração (A)	742		
Capacidade operativa de curta duração (A)	1254		
Parâmetros de sequência positiva, 60 Hz Resistência, a 50º C (Ω/km)	0,0226		
Reatância (Ω/km)	0,2424		
Susceptância (µS/km)	79,05		
Parâmetros de Mútuas, se aplicável (a ser especificado, caso a caso)			
Parâmetros de sequência zero, 60 Hz Resistência, a 50º C (Ω/km)	0,1087		
Reatância (Ω/km)	0,0898		
Susceptância (µS/km)	79,05		
Parâmetros de Mútuas, se aplicável (a ser especificado, caso a caso)	--		
Reatores de linha (extremidade; Mvar; tipo: fixo/manobrável)	--		
Capacitor série (extremidade; Mvar; reatância - Ω; grau de compensação da LT - %)	--		
Cenário utilizado no cálculo do equivalente de rede	-		
Fluxo máximo na linha considerado no estudo (MVA)	-		
OBSERVAÇÕES			

ANÁLISE CRÍTICA DO RELATÓRIO R2 Empreendimento: LT 345 kV Miguel Reale - São Caetano do Sul, C1 e C2 (Subterrânea)			
Característica da Instalação	**Recomendações R1**	**Considerações do R2**	**Justificativas em Caso de Alterações no R2**
Comprimento do circuito (km)	7,8 km		
Condutor utilizado (tipo e número por fase)	Subterrânea 1600 mm^2 Al (XLPE)		
Capacidade operativa de longa duração (A)	742		
Capacidade operativa de curta duração (A)	1254		
Parâmetros de sequência positiva, 60 Hz Resistência, a 50º C (Ω/km)	0,0226		
Reatância (Ω/km)	0,2424		
Susceptância (µS/km)	79,05		
Parâmetros de Mútuas, se aplicável (a ser especificado, caso a caso)			
Parâmetros de sequência zero, 60 Hz Resistência, a 50º C (Ω/km)	0,1087		
Reatância (Ω/km)	0,0898		
Susceptância (µS/km)	79,05		
Parâmetros de Mútuas, se aplicável (a ser especificado, caso a caso)	--		
Reatores de linha (extremidade; Mvar; tipo: fixo/manobrável)	--		
Capacitor série (extremidade; Mvar; reatância - Ω; grau de compensação da LT - %)	--		
Cenário utilizado no cálculo do equivalente de rede	-		
Fluxo máximo na linha considerado no estudo (MVA)	-		
OBSERVAÇÕES			

ANÁLISE CRÍTICA DO RELATÓRIO R2 Empreendimento: LT 345 kV Sul - São Caetano do Sul, C1 e C2 (Subterrânea)			
Característica da Instalação	**Recomendações R1**	**Considerações do R2**	**Justificativas em Caso de Alterações no R2**
Comprimento do circuito (km)	14,1 km		
Condutor utilizado (tipo e número por fase)	Subterrânea 2500 mm2 Al (XLPE)		
Capacidade operativa de longa duração (A)	910		
Capacidade operativa de curta duração (A)	1438		
Parâmetros de sequência positiva, 60 Hz Resistência, a 50º C (Ω/km)	0,0158		
Reatância (Ω/km)	0,2226		
Susceptância (µS/km)	93,69		
Parâmetros de Mútuas, se aplicável (a ser especificado, caso a caso)	--		
Parâmetros de sequência zero, 60 Hz Resistência, a 50º C (Ω/km)	0,1006		
Reatância (Ω/km)	0,0804		
Susceptância (µS/km)	93,69		
Parâmetros de Mútuas, se aplicável (a ser especificado, caso a caso)	--		
Reatores de linha (extremidade; Mvar; tipo: fixo/manobrável)	--		
Capacitor série (extremidade; Mvar; reatância - Ω; grau de compensação da LT - %)	--		
Cenário utilizado no cálculo do equivalente de rede	-		
Fluxo máximo na linha considerado no estudo (MVA)	-		
OBSERVAÇÕES			

NOTA TÉCNICA DEA 006/19 – Análise socioambiental do estudo de atendimento à Grande São Paulo (Relatório R1)

NOTA TÉCNICA DEA 006/19

Análise socioambiental do estudo de atendimento à Grande São Paulo

(Relatório R1)

Julho de 2019

Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - "*double sided*")

GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia
Ministro
Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Júnior

Secretária Executivo
Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético
Reive Barros dos Santos

NOTA TÉCNICA DEA 006/19

Análise socioambiental do estudo de atendimento à Grande São Paulo

(Relatório R1)

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei n° 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais
Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
Erik Eduardo Rego

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa
Álvaro Henrique Matias Pereira

Coordenação Geral
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira
Giovani Vitória Machado

Coordenação Executiva
Elisângela Medeiros de Almeida

Equipe Técnica
Alfredo Lima Silva
Daniel Filipe Silva
Kátia Gisele Matosinho (coordenação)

Participação
Carina Rennó Siniscalchi
Guilherme de Paula Salgado
Mariana de Assis Espécie
Mariana Lucas Barroso
Silvana Andreoli Espig

URL: http://www.epe.gov.br
Sede
Esplanada dos Ministérios Bloco "U" Sala 744
70.065-900 - Brasília – DF
Escritório Central
Av. Rio Branco, nº 01 – 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

NT DEA 006/19
Data: 24 de julho de 2019

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - "*double sided*")

SUMÁRIO

SIGLÁRIO 6
1. INTRODUÇÃO 7
1.1. Linhas de Transmissão Planejadas 7
2. PROCEDIMENTOS ADOTADOS E BASE DE DADOS UTILIZADA 9
2.1. Rede de Água e Esgoto 9
2.2. Rede de Gás 10
2.3. Histórico de Trânsito 11
2.4. Arborização Urbana 13
2.5. Estabelecimentos de Educação e Saúde 13
2.6. Extensão e Sinuosidade 14
2.7. Sistema Viário 15
2.8. Travessias de Corpos Hídricos e Áreas de Inundação 15
2.9. Outros Aspectos Relevantes 15
2.10. Base de Dados 16
3.1. Subestação Planejada São Miguel 17
4. DESCRIÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE TRAÇADO 20
4.1. LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul 20
4.1.1. Alternativas Desenvolvidas 21
4.1.2. Escolha da Alternativa Referencial de Traçado 26
4.1.3. Detalhamento da Alternativa Selecionada 27
4.2. LT 345 kV Norte – SE Miguel Reale 32
4.2.1. Alternativas Desenvolvidas 33
4.2.2. Escolha da Alternativa Referencial de Traçado 38
4.2.3. Detalhamento da Alternativa Selecionada 39
4.3. LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul 44
4.3.1. Alternativas Desenvolvidas 44
4.3.2. Escolha da Alternativa Referencial de Traçado 50
4.3.3. Detalhamento da Alternativa Selecionada 51
4.4. LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte 58
4.4.1. Alternativas Desenvolvidas 59
4.4.2. Escolha da Alternativa Referencial de Traçado 67
4.4.3. Corredor e traçado referencial da LT São Miguel – Ramon Reberte 67
4.5. LT 345 kV Norte – São Miguel 77
4.5.1. Alternativas Desenvolvidas 78

4.5.2. Escolha da Alternativa Referencial de Traçado 83
4.5.3. Detalhamento da Alternativa Selecionada 84
5. RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA OS RELATÓRIOS R3 89
6. REFERÊNCIAS 90
APÊNDICE A – TABELA DE COMPARAÇÃO DAS SUBESTAÇÕES (R1xR3) 92
APÊNDICE B – TABELA DE COMPARAÇÃO DAS LINHAS SUBTERRÂNEAS (R1xR3) 93
APÊNDICE C - DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO R3 DAs LTs SUBTERRÂNEAS da RMSP 97

SIGLÁRIO

Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
BRT	Bus Rapid Transit
CD	Circuito Duplo
Cetesb	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Comgás	Companhia de Gás de São Paulo
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
Cteep	Transmissão Paulista
DUP	Declaração de Utilidade Pública
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Iphan	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
LD	Linha de Distribuição
LT	Linha de Transmissão
MME	Ministério de Minas e Energia
NT	Nota Técnica
ONS	Operador Nacional do Sistema
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
Sabesp	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SE	Subestação
SIG	Sistema de Informação Geográfica
Sigel	Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico
SMA	Superintendência de Meio Ambiente da EPE
VLT	Veículo Leve Sobre Trilhos

1. INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de São Paulo apresenta alto grau de ocupação do solo devido ao grande adensamento urbano, caracterizado por grande concentração populacional e de edificações. Em áreas com este perfil, a dificuldade para instalação de circuitos aéreos é maior devido à limitação de espaço, visto que linhas de transmissão aéreas tradicionais, e mesmo as compactas, necessitam de grandes áreas para composição de faixas de servidão. Levando-se em consideração essas limitações, as linhas de transmissão (LT) serão implantadas por meio de cabos subterrâneos, tendo como base o traçado do sistema viário para o delineamento dos traçados.

Optou-se por definir e comparar no mínimo duas alternativas de traçado para cada LT, com rotas preferenciais e variantes, caso necessário. A rota preferencial consiste em uma sugestão de caminhamento que procura combinar menor extensão e complexidade. As variantes correspondem a segmentos independentes entre si que podem servir como opções de desvio para a rota preferencial diante de fatores restritivos eventualmente identificados em estudos posteriores. As rotas e variantes elaboradas no presente estudo serviram de referência para a definição da largura do corredor e da extensão de referência da linha de transmissão subterrânea.

Deve-se ressaltar que a delimitação das rotas preferenciais e variantes não possui caráter impositivo, já que se trata de resultado de estudos preliminares elaborados com base em dados secundários. Nesse sentido, estudos em fases posteriores detêm a prerrogativa de elaborar novas proposições, desde que justificados tecnicamente.

1.1. Linhas de Transmissão Planejadas

Estão planejadas cinco LTs totalmente subterrâneas e em circuito duplo (Figura 1):

- LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul;
- LT 345 kV Norte – Miguel Reale;
- LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul;
- LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte;
- LT 345 kV Norte – São Miguel.



(Fonte: Google Earth Pro)

Figura 1 - Área de estudo e traçado esquemático das LTs subterrâneas planejadas

2. PROCEDIMENTOS ADOTADOS E BASE DE DADOS UTILIZADA

O desenvolvimento das alternativas de rotas para as linhas de transmissão considerou os seguintes elementos:

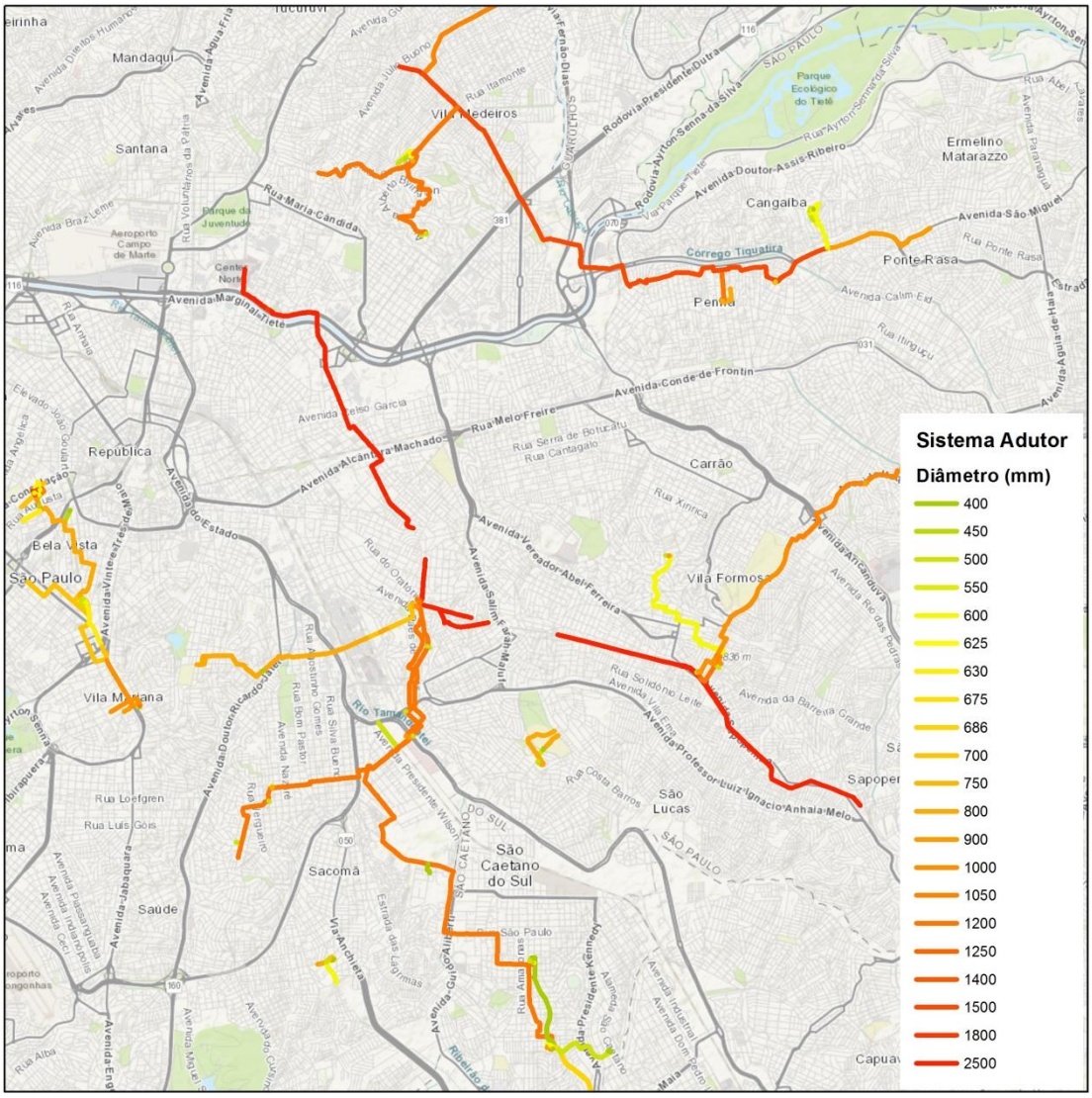
- Redes de água, esgoto e gás;
- Histórico de trânsito;
- Arborização urbana;
- Áreas sensíveis às obras de implantação da LT;
- Extensão (km);
- Sinuosidade;
- Sistema viário;
- Áreas inundáveis/alagáveis.

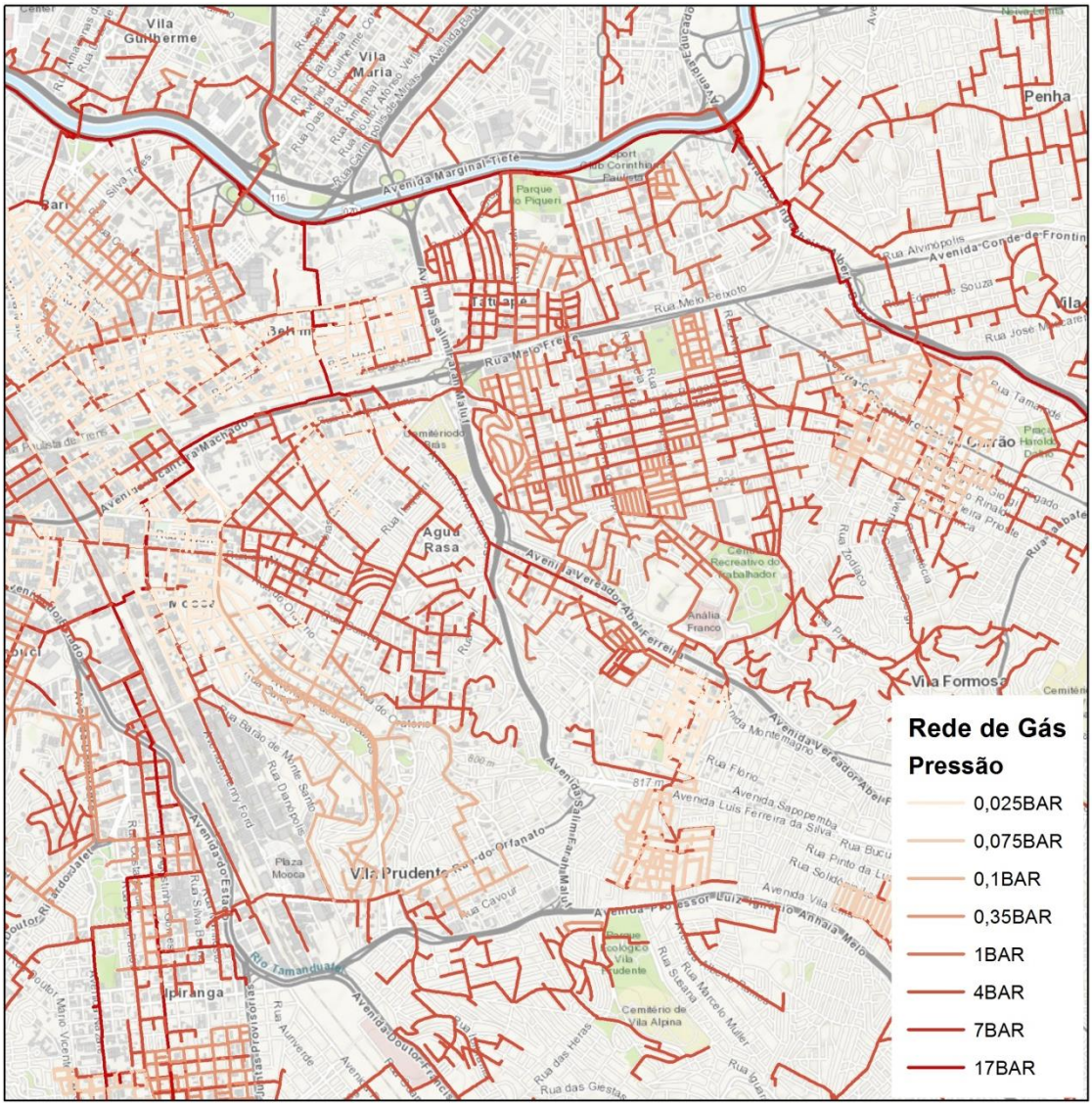
2.1. Rede de Água e Esgoto

A rede de água corresponde ao conjunto de tubulações e acessórios situados em vias públicas destinadas ao abastecimento público, enquanto a rede de esgoto representa um sistema destinado a escoar e tratar efluentes dos diversos aglomerados populacionais. As alternativas de traçados, para ambos os casos, devem considerar menor quantidade de interferências (cruzamentos), além de evitar tubulações de maior diâmetro, principalmente adutoras, coletores-tronco e interceptores de esgoto. É importante enfatizar que quanto maior a quantidade de interferências maior será o custo com obras civis para transpor tais obstáculos. A quantidade de interferências e a complexidade das interferências (tubulações de grande porte) podem demandar maior tempo de aprovação pelo órgão competente.

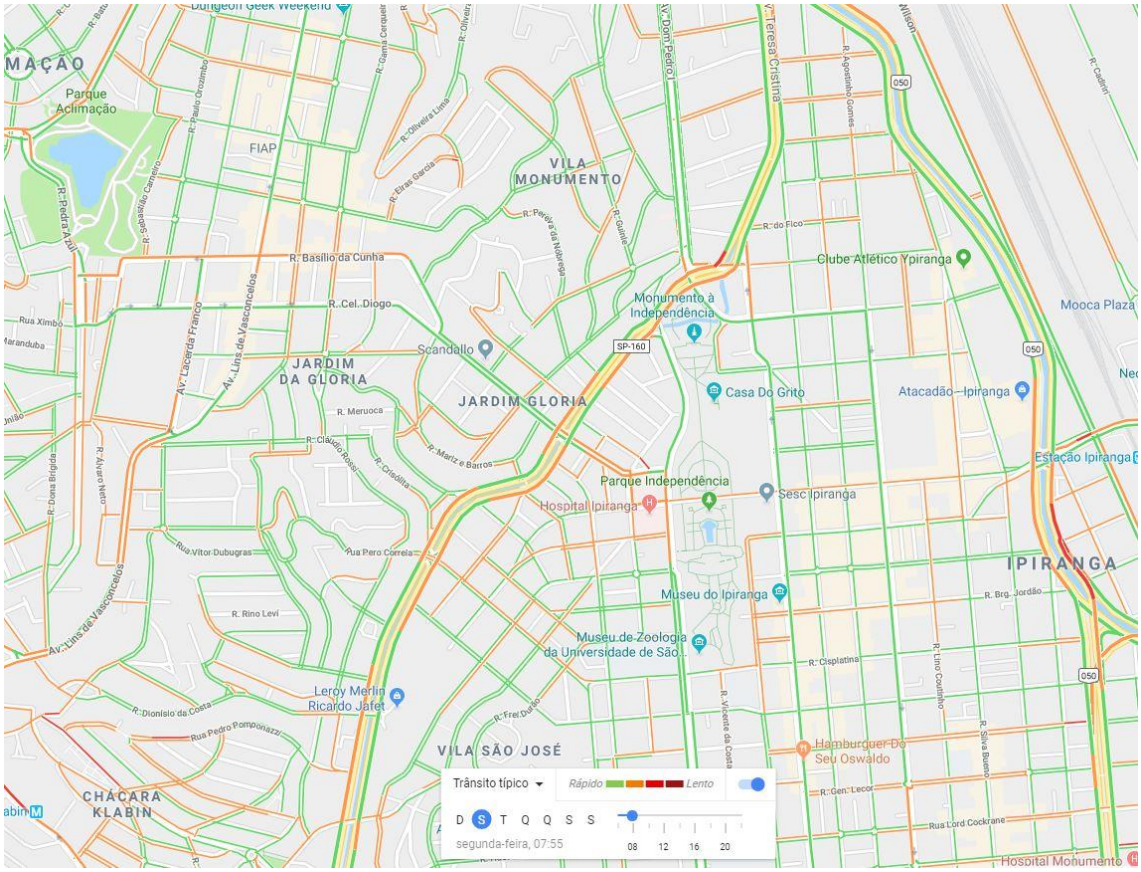
As cartas das redes disponíveis para consulta, quando disponíveis, normalmente não possuem precisão planimétrica, sendo necessário em fases posteriores contatar a companhia responsável para a obtenção informações como profundidade e amarrações das redes.

No caso da rede de esgoto, devido às características inerentes aos sistemas de esgotamento sanitário, cabe destacar que em áreas adjacentes a rios e córregos pode haver cruzamentos com coletores-tronco e interceptores.


Sistema Adutor
Diâmetro (mm)
400
450
500
550
600
625
630
675
686
700
750
800
900
1000
1050
1200
1250
1400
1500
1800
2500
Mandaqui
Santana
Vila Medeiros
Cangaíba
Ponte Rasa
Penha
Ermelino Matarazzo
República
Bela Vista
São Paulo
Carrão
Vila Formosa
Vila Mariana
Saúde
Sacomã
São Caetano do Sul
São Lucas
Sapopemba
Capuava
Parque Ecológico do Tietê
Aeroporto Campo de Marte
Parque da Juventude
Avenida Marginal Tietê
Avenida Conde de Frontin
Avenida Alcântara Machado
Avenida Vereador Abel Ferreira
Avenida Professor Luiz Ignácio Anhaia Melo
Avenida Salim Farah Maluf
Avenida Doutor Assis Ribeiro
Avenida São Miguel
Avenida Jabaquara
Avenida Guido Aliberti
Rodovia Presidente Dutra
Rodovia Ayrton Senna da Silva
Rua Maria Cândida
Rua Melo Freire
Rua Loefgren
Rua Luís Góis
Rua Costa Barros
Rua Ilhéus
Rua Xinxa
Rua Ilinguçu
Avenida Calim Eid
Avenida Paranaguá
Avenida Braz Leme
Avenida Água Fria
Avenida Julio Buono
Avenida Deputado Emílio Carlos
Avenida Presidente Wilson
Avenida Industrial
Avenida Dom Pedro I
Avenida Ragueb Chohfi
Avenida Senador Vergueiro
Avenida Doutor Ricardo Jafet
Avenida Vinte e Três de Maio
Avenida do Estado
Avenida Celso Garcia
Avenida Água Espraiada
Avenida Professor Abraão de Morais
Avenida Sapopemba
Avenida Radial Leste
Avenida Vila Ema
Avenida da Barreira Grande
Avenida Ibirapuera
Avenida Indianópolis
Avenida Cidade Jardim
Avenida Passarinhos
Avenida Cachoeira
Avenida Nazaré
Avenida Ibirapitanga
Avenida Ibirapuera
Avenida Interlagos
Avenida Hélio Pellegrino
Avenida Sargento Hermenegildo de Barros
Avenida Professor Abraão de Morais
Avenida Radial Leste
Avenida Vila Ema
Avenida da Barreira Grande
Avenida Ibirapuera
Avenida Indianópolis
Avenida Cidade Jardim
Avenida Passarinhos
Avenida Cachoeira
Avenida Nazaré
Avenida Ibirapitanga
Avenida Interlagos
Avenida Hélio Pellegrino
Avenida Sargento Hermenegildo de Barros
Rua Abel
Rua Ayrton Senna da Silva
Rua Ponte Rasa
Rua Serra de Botucatu
Rua Cantagalo
Rua Xinxa
Rua Ilinguçu
Rua Abel
Rua Ayrton Senna da Silva
Rua Ponte Rasa
Rua Serra de Botucatu
Rua Cantagalo
Rua Xinxa
Rua Ilinguçu
Rua Loefgren
Rua Luís Góis
Rua Costa Barros
Rua Ilhéus
Rua Alba
Rua Alba
Rua Loefgren
Rua Luís Góis
Rua Costa Barros
Rua Ilhéus
Rua Alba
Rua Alba
Rio Tamanduateí
Rio Tamanduateí
Rio Tamanduateí


Vila Guilherme
Vila Maria
Penha
Avenida Marginal-Tiete
Parque do Piqueri
Rua Melo Freire
Rua Melo Peixoto
Avenida Conde de Frontin
Cemitério Dos Pretos Novos
Cemitério Dos Pretos Novos
Água Rasa
Avenida Vereador Abel Ferreira
Cemitério do Trabalhador
Anália Franco
Vila Formosa
Rua Barão de Monte Santo
Rua Damasco
Avenida Sapopemba
Rua Fibrio
Avenida Luis Ferreira da Silva
Rua Ponto da Luz
Rua Soldado
Avenida Professor Luiz Inácio Anhaia Mello
Plaza Mooca
Vila Prudente
Rua do Orfanato
Rua Cavour
Rua Tamanduateí
Ipiranga
Parque Ecológico Vila Prudente
Cemitério de Vila Alpina
Rua das Heras
Rua das Giestas
Rua Siqueira
Rua Marcelo Muller
Rua Alvinopolis
Rua Tobias
Rua Tamandaré
Rua Rio Preto
Rua Rio Claro
Rua Rio Rinhatti
Rua Rio Piracicaba
Rua Rio Paraibuna
Rua Rio Pardo
Rua Rio Paraitinga
Rua Rio Paranapanema
Rua Rio Pinheiros
Rua Rio Paraguaçu
Rua Rio Paraguaçu
Rua Rio Paraguaçu

No âmbito deste estudo, o histórico de trânsito da região de interesse da RMSP foi obtido utilizando-se a ferramenta de informações sobre trânsito do Google Maps. O GPS dos *smartphones* de usuários que utilizam os serviços do Google Maps envia pequenos pacotes de dados para a empresa informando a que velocidade o veículo está trafegando. Os dados de todos os usuários são agrupados e, assim, é estimado o nível de tráfego da via em tempo real. Com o histórico desses dados é feita uma estimativa do trânsito típico para qualquer horário e qualquer dia da semana (Figura 4).



(Fonte: Google Maps - Trânsito Típico, 2018)

Figura 4 - Trânsito típico da região do Ipiranga, São Paulo

As alternativas de traçado consideraram em sua elaboração o histórico de tráfego, tendo por base os dados de trânsito típico. As vias em tons esverdeados apresentam menores níveis de tráfego, enquanto que as em tons avermelhados apresentam os maiores níveis. Considerou-se, como piores cenários, o trânsito de segunda-feira às 8 h da manhã e de sexta-feira às 18 h.

É importante destacar que os dados utilizados são resultados de estimativas. Além disso, deve-se ressaltar que a ferramenta possui forte dinâmica de apresentação dos dados, na medida em que eventos pontuais ou obras em andamento, por exemplo, podem alterar o nível de tráfego de trechos ou sua extensão, dependendo do período de captura dos dados.

2.4. Arborização Urbana

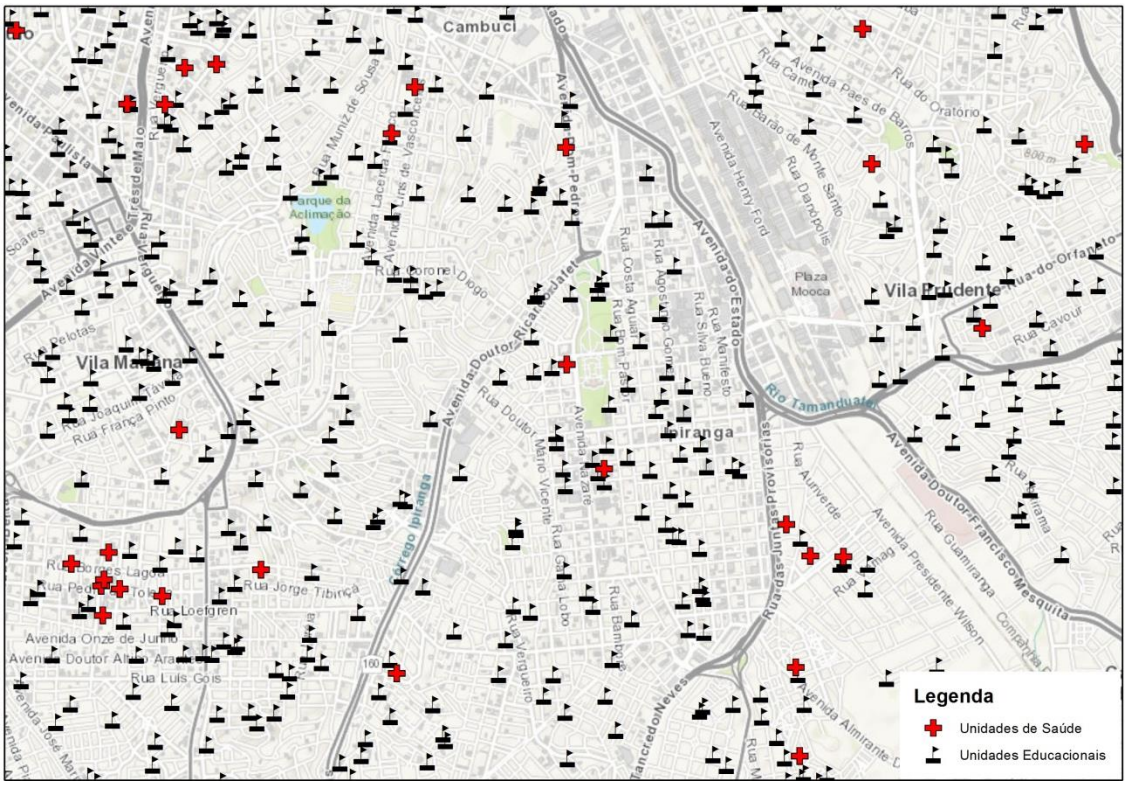
A abertura das valas para a implantação das linhas subterrâneas pode demandar corte de raízes de árvores, já que algumas espécies se espalham horizontalmente por uma grande área. Caso parte delas necessitem ser cortadas é importante que o corte seja feito o mais distante possível do tronco da árvore para evitar danos que comprometam sua estabilidade.

No intuito de minimizar interferência em raízes, o mais indicado é utilizar vias em que haja o menor número de indivíduos arbóreos. Sugere-se para aprofundamento da questão ou validação, o apoio da Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo da Prefeitura (Seuma) sobre possíveis estudos, inventários ou planos de arborização existentes.

2.5. Estabelecimentos de Educação e Saúde

É aconselhável que obras de grande porte permaneçam afastadas de escolas e hospitais, que por conta da natureza de suas atividades, são mais sensíveis e afetadas negativamente por elevados níveis de ruídos, poeira e restrição na acessibilidade, que inevitavelmente ocorrem nas obras de implantação de LTs subterrâneas. Sendo assim, na concepção das alternativas, buscou-se delinear traçados de modo a minimizar restrições técnicas e de horários durante a fase de implantação nessas áreas.

No site http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br, da Prefeitura Municipal de São Paulo, é possível baixar arquivos em formato *shapefile* contendo a localização de unidades escolares (centros educacionais unificados, rede pública e privada, ensino técnico, entre outros), unidades de saúde (hospitais, unidades básicas de saúde, etc) e equipamentos comunitários (terminais de ônibus, centros culturais, aeroporto, etc), entre outros (Figura 5).



(Fonte: Prefeitura de São Paulo – GeoSampa)

Figura 5 - Unidades de saúde e educacionais no município de São Paulo

2.6. Extensão e Sinuosidade

A extensão deve ser considerada na avaliação das alternativas de implantação de uma linha subterrânea, na medida em que seu custo de investimento pode ser de 9 a 16 vezes maior que o das linhas aéreas convencionais, no caso das tensões entre 220kV e 362kV (INOVATEC, 2014). Nesse sentido, o custo por quilômetro das LTs subterrâneas consiste em um fator relevante para a escolha da alternativa devido ao alto custo, bem como à complexidade construtiva.

Outro fator importante para definição do traçado das alternativas é a sinuosidade. Devido às características técnicas dos cabos, principalmente os de maiores diâmetros, há necessidade de grandes raios de curvaturas para o contorno de angulações mais acentuadas durante a fase de lançamento dos cabos. Dessa forma, dependendo do grau de angulação, em algumas vias de menor porte poderá não haver espaço suficiente para raios de curvatura maiores. Além disso, o trânsito poderá ser impactado, já que o raio de curvatura necessário poderá bloquear totalmente o tráfego.

2.7. Sistema Viário

Como as LTs planejadas neste estudo encontram-se integralmente em área urbana, a proposta de caminhamento se utiliza das vias urbanas para realizar a interligação entre as subestações. As vias urbanas de maior porte, como avenidas e vias expressas, podem apresentar uma concentração de redes de infraestrutura (tubulações de água, esgoto e gás, cabos óticos etc.) e, ao mesmo tempo, em princípio, margem maior para desvios, tendo vista a largura das vias, além da possibilidade de utilização do espaço de canteiros centrais. Nas vias de menor porte, por outro lado, essa lógica tende a funcionar de modo inverso, ou seja, menor possibilidade de concentração de redes de infraestrutura e baixa margem para desvios.

2.8. Travessias de Corpos Hídricos e Áreas de Inundação

Corpos hídricos podem oferecer dificuldades para a implantação de uma linha subterrânea. Nos casos em que se torna inviável desviar das drenagens naturais, canais revestidos[1] ou ainda grandes espelhos d'água (lagos, mares), é necessária a travessia subaquática, o que representa complexidade e custos construtivos mais elevados, de acordo com a extensão da área submersa a ser atravessada.

Já a travessia das áreas inundáveis[2] e das alagáveis[3] resulta em impactos principalmente durante o processo construtivo das linhas, tanto em razão dos eventos pluviométricos, como da possibilidade do nível d'água ser muito próximo da superfície.

2.9. Outros Aspectos Relevantes

Investimentos futuros previstos ou almejados pelas esferas de governo municipal ou estadual devem ser considerados, sobretudo a execução de obras lineares como VLTs, BRTs, ciclovias, macrodrenagem urbana, expansão de linhas de metrô e de vias urbanas.

Outro aspecto importante a ser mencionado é com relação às áreas contaminadas por vezes presentes em postos de gasolina, oficinas de automóveis, indústrias e outros estabelecimentos. Na medida do possível, essas áreas foram evitadas pelas alternativas de traçado estudadas, devido ao seu complexo gerenciamento, que pode

[1] Canais em que o fundo e os taludes são protegidos com concreto, pedra, plástico, ou outro material, com a finalidade de manter a sua estabilidade e contrariar a força erosiva do escoamento.

[2] Processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio (MCidades; IPT, 2009).

[3] Acúmulo momentâneo de águas em uma dada área decorrente de deficiência do sistema de drenagem (MCidades; IPT, 2009).

adicionar complexidade à implantação da LT, além de atrasos no cronograma das obras.

2.10. Base de Dados

Para delimitação das alternativas de traçado das linhas subterrâneas e elaboração das figuras foram consultadas e/ou utilizadas informações das seguintes bases de dados:

- Sistema adutor de água tratada da Sabesp;
- Rede de gás da Comgás;
- Mapeamento de áreas contaminadas (Cetesb, 2018);
- Informações da ferramenta de trânsito do Google Maps;
- Imagens de satélite do Google Earth Pro;
- Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo Digital, incluindo hidrografia, divisão territorial e sistema viário (IBGE, 2009);
- Mapa de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes de São Paulo (CPRM, 2012);
- Carta de suscetibilidade a inundação de São Paulo (CPRM, 2014);
- Informações referentes a estabelecimentos de educação e saúde e infraestrutura de transporte urbano e linhas de distribuição de energia elétrica no município de São Paulo no sítio eletrônico: geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx
- Informações referentes a estabelecimentos de educação e saúde e infraestrutura de transporte urbano no município de Guarulhos no sítio eletrônico: http://guarugeo.guarulhos.sp.gov.br/guarugeo_v6/interface/guarugeo.htm?end03e9ti31ck97vpenhfqutc2

3. DESCRIÇÃO DAS SUBESTAÇÕES PLANEJADAS

O presente estudo compreende seis subestações, sendo duas planejadas, a SE São Miguel e a SE São Caetano do Sul. Os itens 3.1 e 3.2 apresentam breve descrição do entorno destas duas subestações do tipo GIS (*Gas Insulated Substation*), com requisito de área de aproximadamente 10.000 m² para cada.

3.1. Subestação Planejada São Miguel

A área selecionada para implantação da SE São Miguel (345 kV/88 kV) foi indicada pela AES Eletropaulo, já que a região não dispõe de muitas alternativas. O terreno encontra-se nas coordenadas 23°30'49.33"S e 46°31'8.22"O. Essa área localiza-se no bairro Ponte Rasa, município de São Paulo, junto à Avenida São Miguel (Figura 6).

O terreno encontra-se desocupado, sem construções. A região do entorno apresenta uso residencial, de comércio e serviços. Próximo ao terreno planejado para construção da SE São Miguel encontra-se a Estação de Transição da Distribuição (ETD) Buenos Aires, e ao seu lado se observa a faixa de servidão das linhas LT Leste – Norte e LT Norte – Vila Olívia.

Ao norte da área potencial para implantação da SE São Miguel encontra-se o córrego Jacu, nas margens do qual está planejada a implantação do parque linear Ponte Rasa; e a oeste, encontra-se o córrego Tiquatira, em cujas margens há o parque linear Tiquatira.



Figura 6 - Localização referencial da SE planejada São Miguel

É importante enfatizar que há um Decreto Municipal (nº 54.004/2013) declarando o terreno previsto para a instalação da SE São Miguel como área de utilidade pública para a construção de um terminal de ônibus. Entretanto, a Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, após consulta à Prefeitura de São Paulo, informou, por e-mail enviado à EPE, que a referida Declaração de Utilidade Pública (DUP) não foi ajuizada e, portanto, houve sua caducidade. Assim, frente ao exposto anteriormente, o terreno em questão permanece como alternativa locacional para a instalação da SE São Miguel.

3.2. Subestação Planejada São Caetano do Sul

O presente estudo também indica a necessidade de implantação de nova subestação (345/88 kV) próxima à SE São Caetano do Sul existente (88/13,8 kV), localizada no bairro Fundação, às margens da Avenida Guido Aliberti, nas coordenadas 23°36'26.44"S e 46°34'43.61"O . A Figura 7 apresenta uma área com raio de 300 metros a ser estudada *in loco* para identificação do terreno mais propício para instalação da SE planejada.

A região do entorno da área sugerida para a implantação da SE São Caetano do Sul é predominantemente industrial, com destaque para um terminal da Transpetro, além

de empreendimentos comerciais e de serviços, como a Estação de Tratamento de Esgoto do ABC. Destaca-se próximo a essa área referencial da SE uma linha de trem da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM) e o ribeirão dos Meninos.

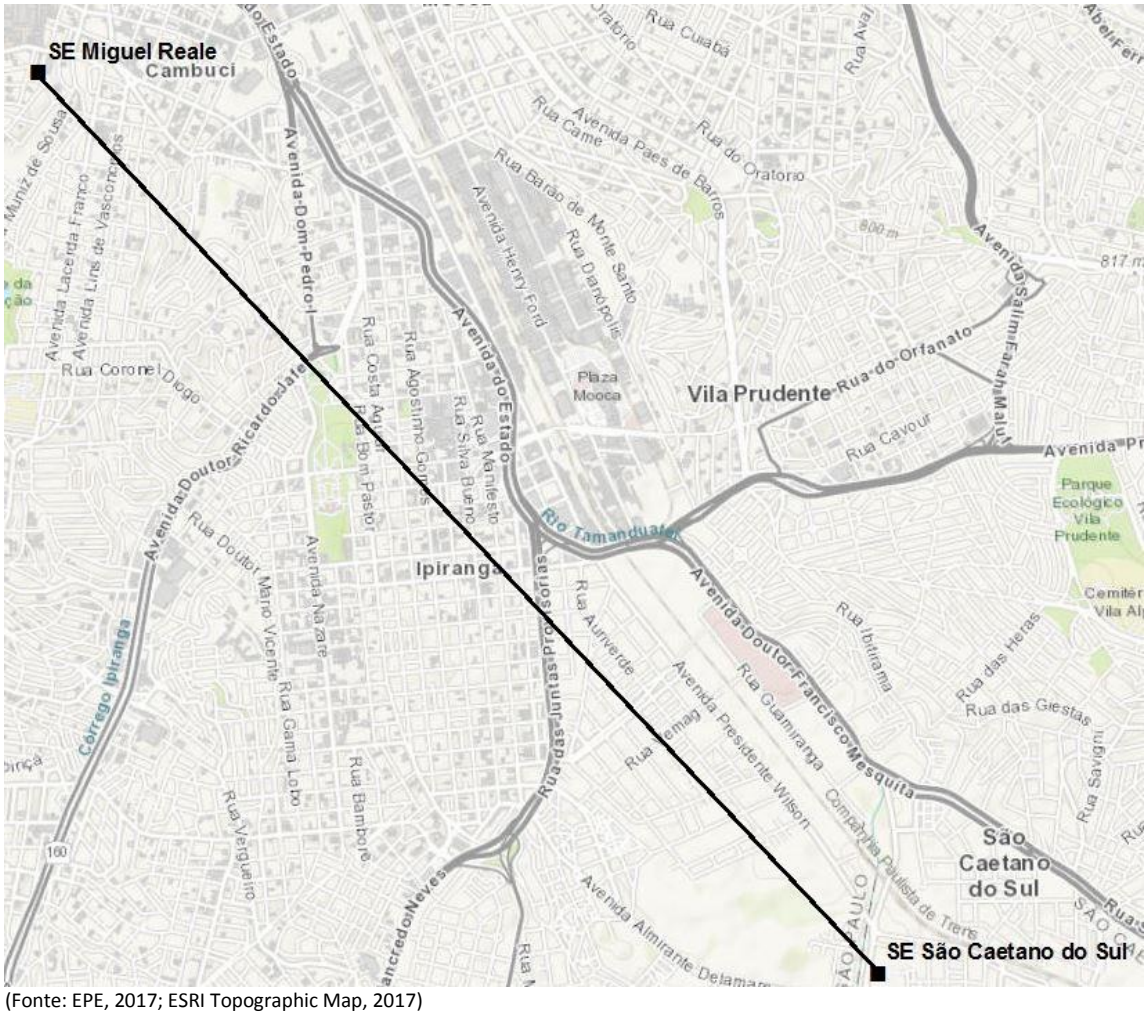


Figura 7 - Localização referencial da SE planejada São Caetano do Sul

4. DESCRIÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE TRAÇADO

4.1. LT 345 kV Miguel Reale – São Caetano do Sul

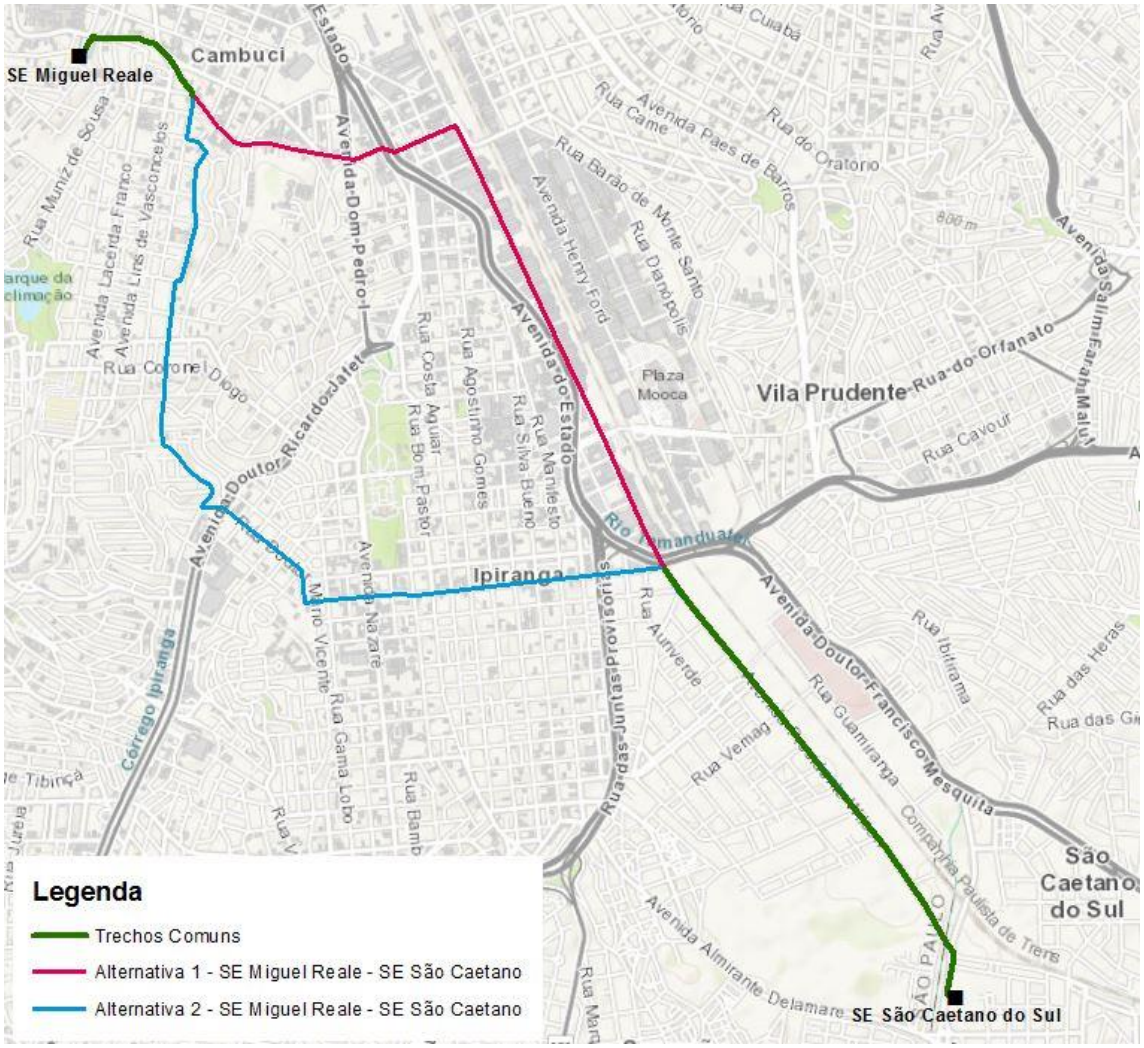
A conexão entre as SE Miguel Reale e SE São Caetano do Sul se encontra em área urbana muito adensada e industrializada, compreendendo pequena parte do município de São Caetano do Sul (próxima à confluência do ribeirão dos Meninos com o rio Tamanduateí) e os distritos do Ipiranga, Cambuci e Liberdade, no município de São Paulo. A LT será em circuito duplo de 345 kV, sendo que a distância em linha reta entre as SEs é de aproximadamente 7 Km (Figura 8).



(Fonte: EPE, 2017; ESRI Topographic Map, 2017)

Figura 8 – Conexão esquemática SE Miguel Reale – SE São Caetano do Sul

Devido à complexidade para se fazer a conexão, por conta das características da área, foram propostas duas alternativas de traçado: Alternativa 1 e Alternativa 2 (Figura 9).

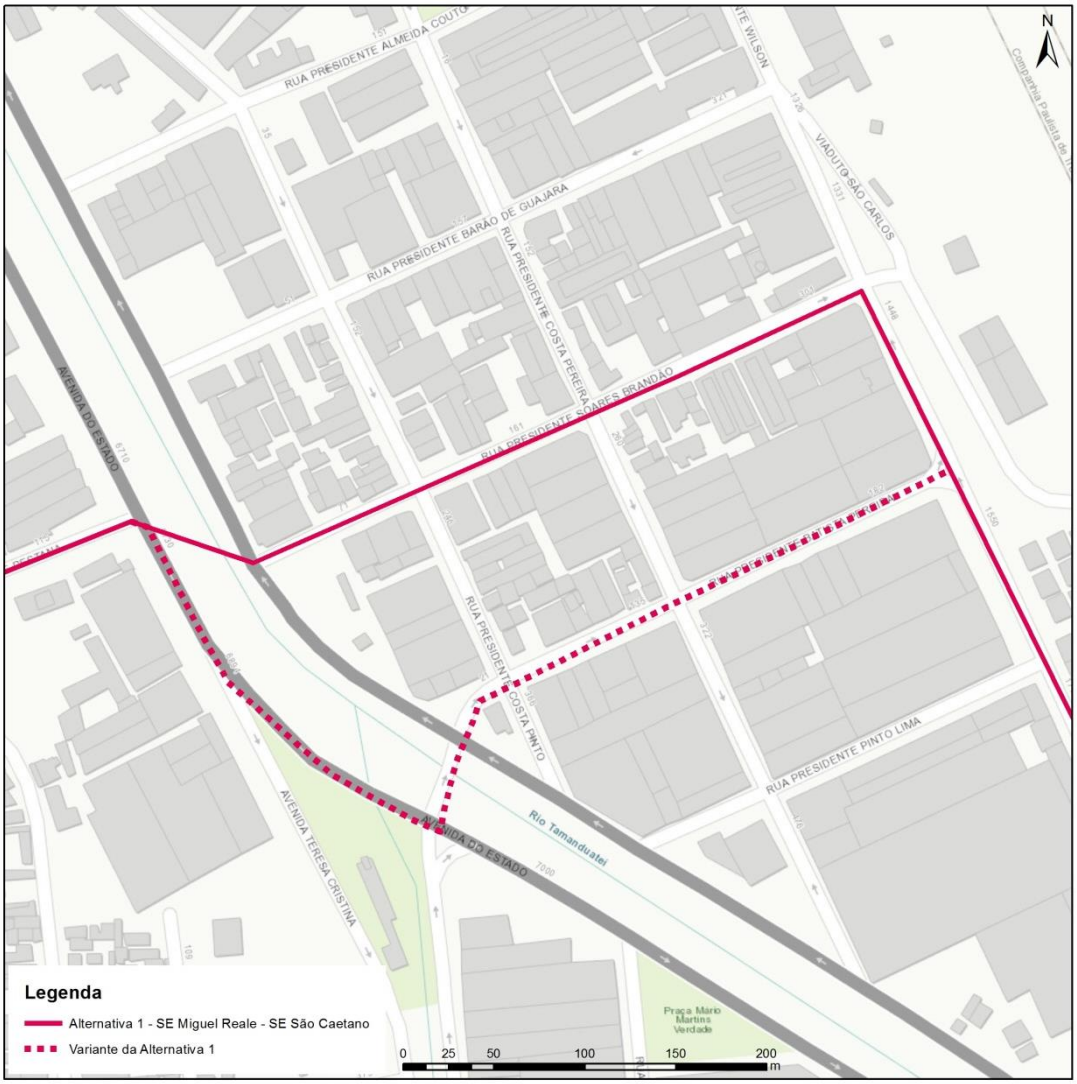


(Fontes: EPE, 2017; ESRI Topographic Map, 2017)

Figura 9 - Alternativas de traçado estudadas para a LT Miguel Reale – São Caetano do Sul

4.1.1. Alternativas Desenvolvidas

A **Alternativa 1** possui 7,8 km de extensão, utilizando-se, principalmente, de vias locais e coletoras. Saindo da SE Miguel Reale, o traçado desta alternativa se inicia na rua do Lavapés, no limite entre os bairros da Liberdade e do Cambuci. Após passar pelo Largo do Cambuci, o traçado segue pela rua da Independência por aproximadamente 1,5 km, até adentrar a Rua Almirante Pestana e se deparar com o rio Tamanduateí, onde não há ponte para travessia. Sendo assim, a travessia poderá ser realizada por meio de algum método não destrutivo. Caso haja inviabilidade econômica ou algum impedimento técnico para utilização do método, foi proposta uma pequena variante neste ponto do traçado, de modo a proporcionar travessia por meio da estrutura da ponte existente em local próximo (Figura 10).



(Fontes: EPE, 2017; ESRI Topographic Map, 2017)

Figura 10 - Variante da Alternativa 1 de traçado da LT Miguel Reale – São Caetano do Sul

Qualquer que seja o tipo de travessia escolhido para superar o rio Tamanduateí, após um pequeno trecho de aproximadamente 300 metros, ou pela rua Presidente Soares Brandão ou Presidente Batista Pereira, o traçado tomará o sendo sudeste pela avenida Presidente Wilson. Nesta via, o prosseguimento da rota se dá de forma praticamente retilínea por aproximadamente 5.300 metros, até a ponte da travessia do ribeirão dos Meninos. A partir daí, até chegar à SE São Caetano do Sul, o trecho final percorre por aproximadamente 300 metros na avenida Guido Alibert, no limite entre os municípios de São Paulo e São Caetano do Sul. De modo geral, esta alternativa possui um percurso com baixa sinuosidade, passando por via larga com no mínimo duas faixas (avenida Presidente Wilson), o que pode reduzir a probabilidade de interferências com raízes de árvores, em princípio. O mapa de trânsito do Google Maps demonstra que o fluxo é rápido em boa parte da rua da Independência e se dividindo entre rápido e moderado na Avenida Presidente Wilson.

De acordo com informações do mapeamento disponibilizado pela Companhia de Gás de São Paulo (Comgás), há diversos cruzamentos e trechos de paralelismo com a rede de gás. Em contrapartida, em muitas vias não há presença da tubulação.

Com relação ao sistema de abastecimento de água, de acordo com as informações disponibilizadas pela Sabesp, não há incidência expressiva de tubulações de maior diâmetro integrantes do sistema adutor de água tratada no trajeto da LT. No entanto, certamente haverá outros muitos cruzamentos e/ou trechos de paralelismo com a tubulação de distribuição de menor diâmetro, devido a sua quase onipresença nas vias; porém, em virtude da complexidade das obras, a tubulação de maior diâmetro é a mais relevante. Não foram disponibilizadas informações referentes ao sistema de esgotamento sanitário. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, poderá haver cruzamento com grandes tubulações nas áreas adjacentes a córregos e rios.

A Alternativa 1 intercepta algumas áreas inundáveis, conforme observado em imagens de satélite e no mapa de risco elaborado pela CPRM (2012). É importante ressaltar que não há como evitar tais áreas, pois a conexão entre as duas subestações necessariamente atravessa o rio Tamanduateí ou o riacho do Ipiranga, ao longo do qual concentram-se as áreas inundáveis.

No tocante às interferências com infraestruturas de transporte, foi observado que não há qualquer interposição direta à rede cicloviária, linhas de metrô (estrutura elevada) e linhas da CPTM ou corredores expressos de ônibus (estrutura elevada). Entretanto, o traçado desta alternativa corre paralelamente a alguns segmentos de faixa exclusiva de ônibus.

Por se tratar de área com muitas indústrias e galpões, há sempre o risco da presença de áreas contaminadas. De acordo com a relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo, organizada pela Cetesb, há três áreas contaminadas em estabelecimentos instalados na Avenida Presidente Wilson (uma em processo de monitoramento para reabilitação e duas sob investigação).

Há uma unidade educacional (Associação de Amigos do Autista – AMA, na Rua dos Lavapés) e nenhum registro de unidade de saúde nas vias percorridas pelo traçado. Também não há registro, nas bases de dados do Iphan e da Prefeitura de São Paulo consultadas, de sítios arqueológicos ou bens tombados nas proximidades.

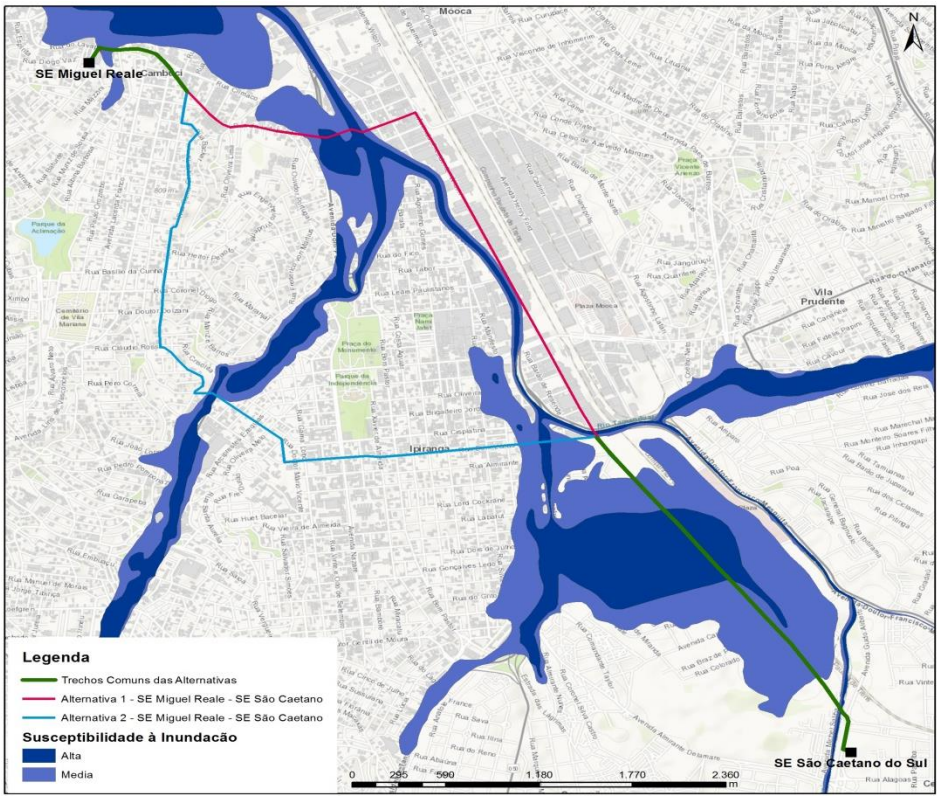
A **Alternativa 2,** que possui 8,9 km de extensão, utiliza-se, também, de vias locais e coletoras. Cerca de 3,4 km do traçado desta alternativa é coincidente ao da Alternativa 1; sendo que 0,7 km é no trecho inicial início, saindo da SE Miguel Reale até a esquina com a rua Teodureto Souto, e 2,7 km é no trecho final, na Avenida Presidente Wilson até a SE São Caetano do Sul. A partir deste ponto, o traçado da Alternativa 2 toma o sentido sul por aproximadamente 2 km, de forma mais ou menos retilínea (com

algumas inflexões e pouca sinuosidade), seguindo principalmente pelas ruas Gama Cerqueira e Mesquita. Depois, já na rua Cláudio Rossi, o sentido se volta para sudeste por quase 1,5 km. Acrescente-se ainda que, na parte central deste segmento, deverá ser feita a travessia do riacho do Ipiranga. Posteriormente, na região do Museu do Ipiranga, o traçado percorre as ruas Moreira e Costa e Dom Lucas Obes no sentido leste, por aproximadamente 2 km de forma retilínea, até encontrar a avenida Presidente Wilson. A partir daí, por aproximadamente 2,7 km, ambas as alternativas são novamente convergentes até a SE São Caetano do Sul. De modo geral, como há algumas mudanças de sentido, esta alternativa possui um percurso com moderada sinuosidade. Da mesma forma que na Alternativa 1, o mapa de trânsito do Google Maps exprime fluxo rápido em boa parte das ruas do Cambuci e Ipiranga e moderado em boa parte da avenida Presidente Wilson.

De acordo com informações do mapeamento disponibilizado pela Companhia de Gás de São Paulo (Comgás), da SE Miguel Reale até a travessia do riacho do Ipiranga, há cruzamentos e paralelismo com tubulação de gás em todas as vias (embora sejam tubulações com as menores pressões). Na metade final, até a SE São Caetano do Sul, há dois pequenos segmentos (totalizando 500 metros) de paralelismo e quatro cruzamentos com tubulação de maior pressão.

Com relação ao sistema de abastecimento de água, foi observado que o traçado da Alternativa 2 intercepta as mesmas adutoras que o da Alternativa 1, embora o cruzamento com uma delas ocorra em um ponto distinto, na rua Mesquita. Haverá, também, outros cruzamentos e/ou trechos de paralelismo tubulação de distribuição de menor diâmetro; porém, como já enfatizado, as interferências com tubulação de maior diâmetro são mais relevantes.

Não foram disponibilizadas informações referentes ao sistema de esgotamento sanitário. A esse respeito, conforme já exposto, poderá haver cruzamento da LT com grandes tubulações nas áreas adjacentes a córregos e rios. Em seu trecho distinto, a Alternativa 2 também intercepta algumas áreas inundáveis, na região onde ocorre a travessia do riacho do Ipiranga, conforme ilustrado na Figura 11 (CPRM, 2012).



(Fontes: CPRM, 2012; ESRI Topographic Map, 2017)

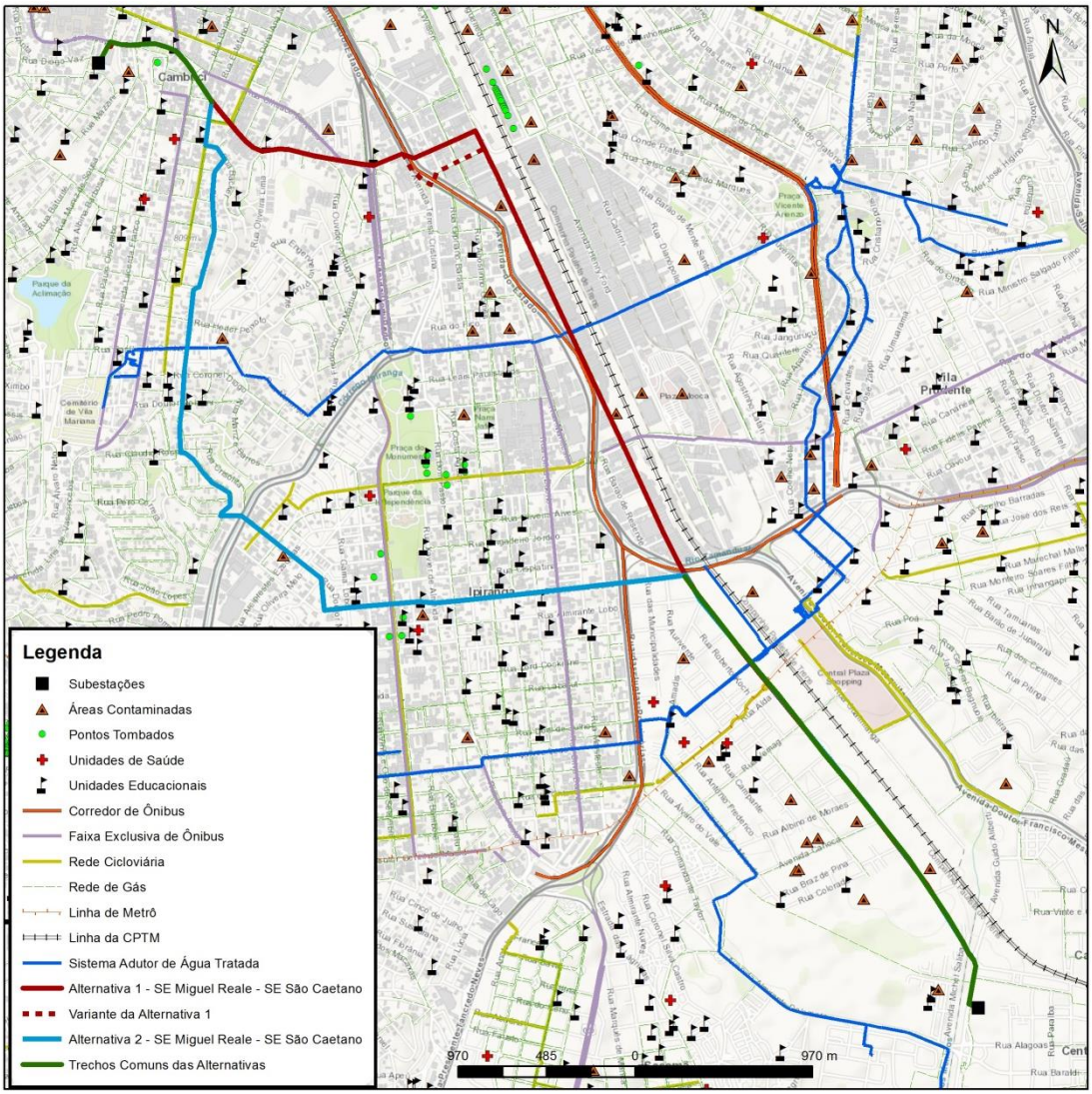
Figura 11 - Áreas suscetíveis a inundação no trajeto da LT Miguel Reale – São Caetano do Sul

No tocante às interferências com infraestruturas de transporte, foi observado que não há qualquer interposição direta a linhas de metrô e de trem da CPTM ou corredores expressos de ônibus. Entretanto, o traçado desta alternativa corre também paralelamente a alguns segmentos de faixa exclusiva de ônibus (no trecho em comum com a Alternativa 1), além de cruzar perpendicularmente duas ciclofaixas e duas faixas exclusivas de ônibus na região do distrito do Ipiranga.

De acordo com a relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo, organizada pela Cetesb, existe uma área contaminada em estabelecimento instalado numa das vias utilizadas para o traçado (a mesma da Alternativa 1).

Há duas unidades educacionais (Associação de Amigos do Autista – AMA, na Rua dos Lavapés, e Colégio São Francisco Xavier, na Rua Moreira e Costa) e nenhuma unidade de saúde nas vias utilizadas para o delineamento do traçado. Não há registro de sítios arqueológicos ou bens tombados nas proximidades, segundo as bases de dados consultadas.

A Figura 12 ilustra os aspectos analisados para o desenvolvimento de ambas as alternativas.



Fontes: Topographic Map, 2017; Sabesp 2018, Comgás, 2018; Geosampa, 2018

Figura 12 - Alternativas e aspectos analisados na definição do trajeto da LT Miguel Reale – São Caetano do Sul.

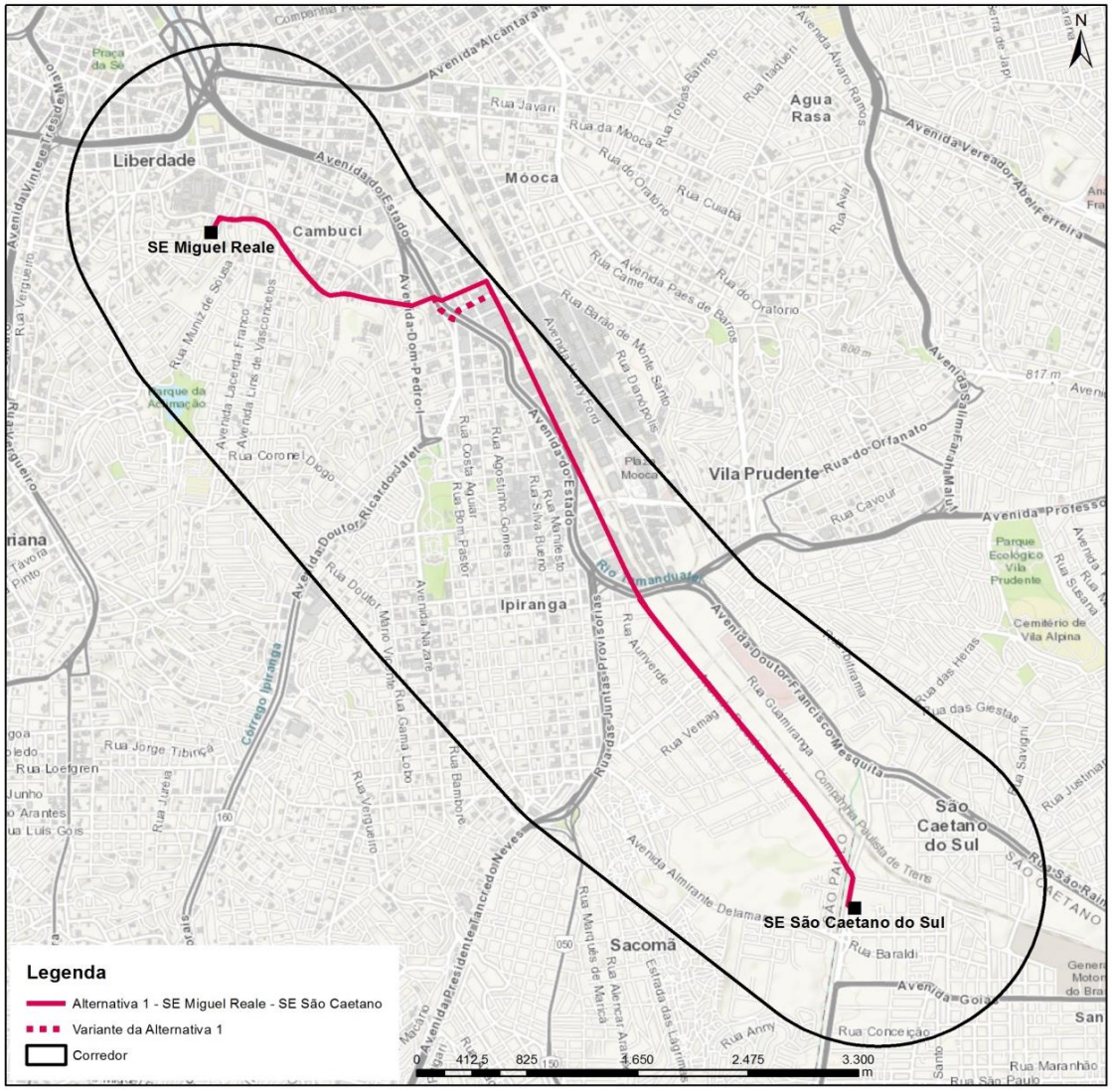
4.1.2. Escolha da Alternativa Referencial de Traçado

A seleção da melhor alternativa para implantação de uma linha subterrânea deve considerar como aspectos de maior relevância, sem prejuízo dos demais, os impactos relacionados ao trânsito da cidade e a quantidade e formas de interferências (cruzamento e paralelismos) com tubulações de gás, água e esgoto.

Nesse sentido, a mais promissora corresponde à Alternativa 1, considerando a menor complexidade frente à aprovação de projetos e ao processo de licenciamento ambiental, devido a menor sinuosidade, extensão, interferência com infraestrutura subterrânea, etc. Cabe destacar ainda que, a partir do refinamento e complementação das informações em levantamentos e estudos posteriores, o conjunto de alternativas sugeridas pode admitir outras proposições.

4.1.3. Detalhamento da Alternativa Selecionada

O corredor selecionado SE Miguel Reale – SE São Caetano do Sul foi elaborado com 2,5 km de largura e seu eixo possui aproximadamente 7 km de extensão. A largura do corredor foi baseada na disposição espacial das duas alternativas (Figura 13).



(Fonte: ESRI Topographic Map, 2017)

Figura 13 - Corredor SE Miguel Reale – SE São Caetano do Sul

O corredor localiza-se, em quase sua totalidade, no município de São Paulo e uma pequena parte está inserida no município de São Caetano do Sul, dado que a subestação de mesmo nome se situa no limite entre os referidos munícipios. No município de São Paulo, os distritos em que há intersecção com o corredor são: Ipiranga, Cambuci, Liberdade, Vila Mariana, Sacomã, Mooca e Vila Prudente. As coordenadas das SEs são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Coordenadas das subestações da LT Miguel Reale – São Caetano do Sul

Subestação	Status	Coordenadas		Município	Estado
		Latitude	Longitude		
Miguel Reale	Existente	23°33'45"S	46°37'31"O	São Paulo	SP
São Caetano do Sul	Existente	23°36'34"S	46°34'44"O	São Caetano do Sul	

As vias urbanas selecionadas variam de uma a três faixas de rolamento, compreendendo ruas e avenidas. A Tabela 2 detalha o itinerário do traçado principal (e da variante), bem como a extensão em cada logradouro.

Tabela 2 – Percurso da LT Miguel Reale – São Caetano do Sul

Traçado principal		Traçado com variante	
Logradouro	Extensão (m)	Logradouro	Extensão (m)
Rua dos Lavapés	390	Rua dos Lavapés	390
Largo do Cambuci	160	Largo do Cambuci	160
Rua da Independência	1.150	Rua da Independência	1.150
Rua Almirante Pestana	190	Rua Almirante Pestana	190
Travessia do rio Tamanduateí	70	Avenida do Estado	220
Rua Pres. Soares Brandão	370	Rua Presidente Batista Pereira	350
Avenida Presidente Wilson	5.260	Avenida Presidente Wilson	5.160
Avenida Guido Alibert	220	Avenida Guido Alibert	220

A Figura 14 ilustra o aspecto das duas principais vias que compõem o traçado:



(Fonte: Google Earth-Street View, 2017)

Figura 14 - Características de vias que compõem o traçado referencial da LT Miguel Reale – São Caetano do Sul

Como mencionado, há cruzamentos e trechos de paralelismo com a rede de gás, elencados nas tabelas a seguir:

Tabela 3 – Principais cruzamentos da LT Miguel Reale – São Caetano do Sul com rede de gás (sem variante)

Cruzamentos	Quantidade	Pressão	Diâmetro	Material

	de tubos	(bar)		
Avenida Guido Alibert	1	17	10”	Aço
Avenida Presidente Wilson	2	4	180 mm	Polietileno
Avenida Presidente Wilson	2	4	6”	Aço
Rua Presidente Soares Brandão	1	4	12”	Aço
Rua Independência	4	0,35	125 mm	Polietileno
Rua Independência	1	4	250 mm	Polietileno
Rua do Lavapés	1	0,35	180 mm	Polietileno

Tabela 4 – Principais trechos de paralelismo da LT Miguel Reale – São Caetano do Sul com rede de gás (sem variante)

Logradouro	Pressão (bar)	Diâmetro	Material	Tipo	Extensão do paralelismo (m)
Avenida Pres. Wilson	4	180 mm	Polietileno	Simples	270
Avenida Pres. Wilson	4	180 mm	Polietileno	Simples	260
Avenida Pres. Wilson	4	6”	Aço	Simples	100
Avenida Pres. Wilson	4	2”	Aço	Simples	630
Avenida Pres. Wilson	4	63 mm	Polietileno	Simples	280
Avenida Pres. Wilson	4	125 mm	Polietileno	Simples	60
Avenida Pres. Wilson	4	4”	Aço	Duplo por 150 m	420
R. Pres. Soares Brandão	4	63 mm	Polietileno	Simples	90
Rua Alm. Pestana	0,35	63 mm	Polietileno	Simples	110
Rua Independência	0,35	125 mm	Polietileno	Simples	1110
Largo do Cambuci	0,35	40 mm	Polietileno	Simples	100
Rua do Lavapés	0,35	90 mm	Polietileno	Simples	120
Rua do Lavapés	0,35	125 mm	Polietileno	Simples	120

Em face dos números apresentados referentes ao paralelismo, chega-se à conclusão de que aproximadamente 47% do traçado concorre diretamente com a rede de gás.

O sistema adutor de água tratada é interceptado em três pontos (Tabela 5) e não há paralelismo com o traçado sugerido para a LT (Figura 15).

Tabela 5 – Cruzamentos da LT Miguel Reale – São Caetano do Sul com adutoras

Cruzamento	Diâmetro	Material
Adutora Mooca-Cambuci	800 mm	Ferro Fundido
Adutora Cadiriri-Jabaquara*	1200 mm	Aço
Adutora Cadiriri-São Caetano*	1200 mm	Aço

*Adutoras paralelas



(Fonte: Topographic Map, 2017; Sabesp 2018; Geosampa, 2018)

Figura 15 – Cruzamento do traçado da LT Miguel Reale – São Caetano do Sul com adutoras paralelas

As interferências do traçado com infraestrutura de transporte correspondem a alguns trechos de paralelismo com faixas exclusivas de ônibus, por aproximadamente 1.000 m na rua da Independência e 250 metros na rua do Lavapés, além de cruzamento perpendicular à faixa da rua Capitão Pacheco e Chaves. É importante lembrar que os segmentos de faixa citados são exclusivos para ônibus de segunda a sexta-feira, das 17 às 20 h. A Figura 13 sugere que existe interferência direta com a linha do Metrô; porém, como uma estrutura elevada serve de apoio para os trilhos, não há qualquer interposição. A mesma situação ocorre com os corredores de ônibus.

É notório que a questão do trânsito é um dos maiores problemas que a cidade de São Paulo enfrenta. A grande maioria das vias apresenta grande volume de tráfego,

fazendo com que qualquer intervenção nas faixas de rolamento cause grandes impactos na mobilidade. Neste cenário, onde foi possível, buscou-se utilizar as vias com menor histórico de trânsito. Sendo assim, de acordo com as informações do mapa de trânsito do *Google Maps* (nos horários de pico de segundas, às 8h; e sextas, às 18h), as vias selecionadas para a rota referencial da LT apresentam trechos consideráveis de fluxo moderado (especialmente no trecho final da avenida Wilson), tanto no sentido bairro-Centro como no Centro-bairro.

A Tabela 6 identifica os trechos mais críticos, em que o cenário do horário de pico da sexta às 18h se mostrou mais complexo.

Tabela 6 – Trechos críticos de tráfego no trajeto da LT Miguel Reale – São Caetano do Sul

Início	Fim	Extensão (m)	Sentido	Tráfego	Cenário
Rua da Independência, 1032-1062	Rua Almirante Pestana, 130-160	260	Centro-bairro	Moderado	Segunda, 8h
Av. Presidente Wilson, 4302-4336	Av. Presidente Wilson, 5660-5698	1500	Centro-bairro	Moderado	Segunda, 8h
Av. Presidente Wilson, 6921	Av. Guido Aliberti, 130-314	290	Centro-bairro	Moderado	Segunda, 8h
Av. Guido Aliberti, 186	Av. Presidente Wilson, 6921	280	Bairro-Centro	Moderado	Sexta, 18h
Av. Presidente Wilson, 5502-5658	Av. Presidente Wilson, 4302-4336	1300	Bairro-Centro	Moderado	Sexta, 18h
Av. Presidente Wilson, 4166-4240	Av. Presidente Wilson, 3410-3452	800	Bairro-Centro	Moderado	Sexta, 18h
Rua Pres. Soares Brandão, 302	R. Pres. Soares Brandão, 2	350	Bairro-Centro	Moderado	Sexta, 18h
Rua Almirante Pestana, 130-160	Rua da Independência, 679	700	Bairro-Centro	Moderado	Sexta, 18h
Rua do Lavapés, 448	Rua do Lavapés, 781	350	Bairro-Centro	Moderado	Sexta, 18h

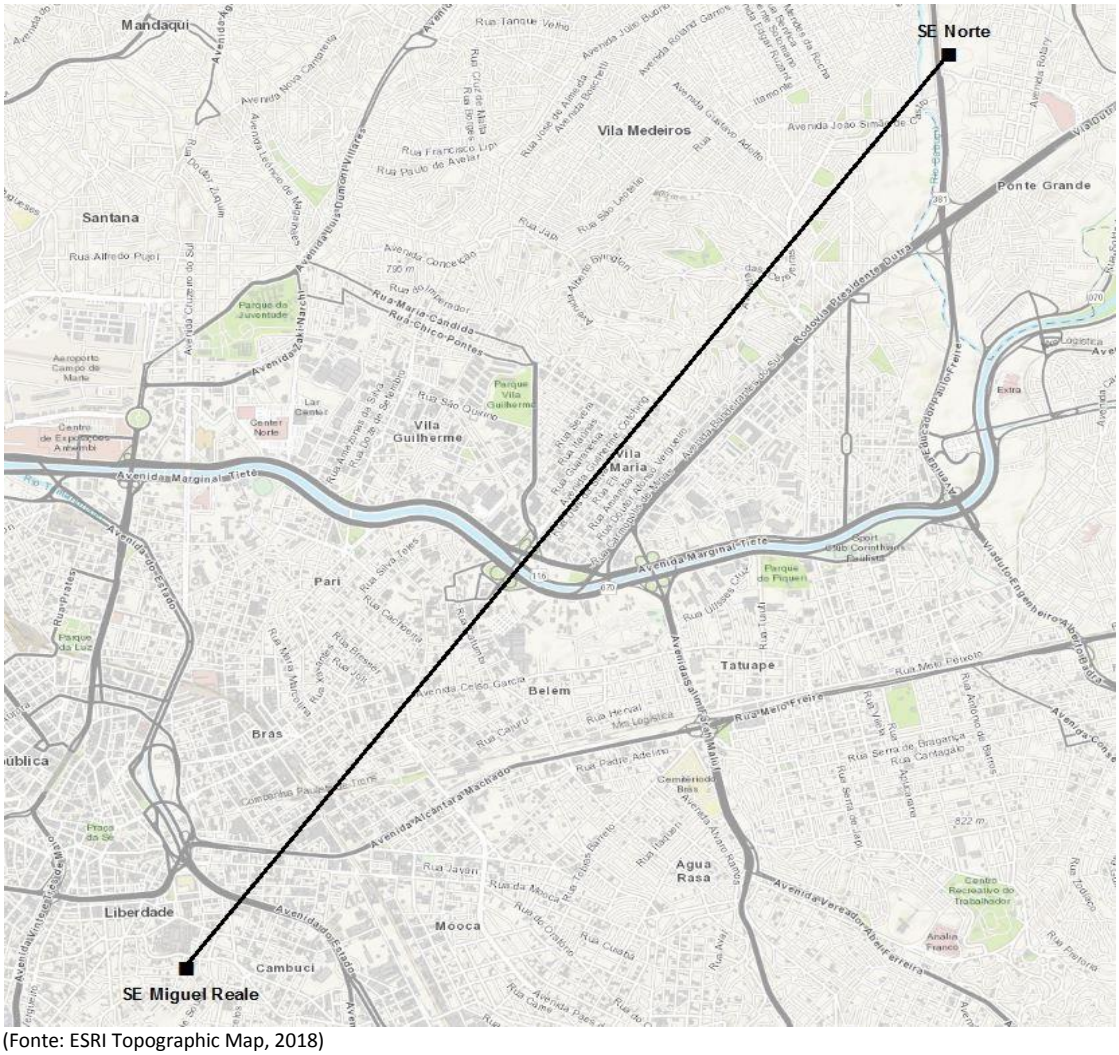
(Fonte: Google Maps – Trânsito típico, setembro de 2018)

Como os dados contidos na ferramenta do Google Maps são fruto de estimativas e sofrem forte dinâmica, recomenda-se consultar dados e estudos da Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo.

No caso da sinuosidade, o traçado sugerido alcançou um valor 11% maior em relação ao percurso em linha reta, sendo que não há angulações mais fortes (apenas um ângulo reto na esquina da Rua Presidente Soares Brandão e a Avenida Presidente Wilson).

4.2. LT 345 kV Norte – SE Miguel Reale

A conexão entre as SE Norte e SE Miguel Reale se encontra em área urbana muito adensada e industrializada, compreendendo pequena parte do município de Guarulhos (adjacente à rodovia Fernão Dias) e, principalmente, os distritos da Vila Maria, Belém, Brás e Cambuci, no município de São Paulo. A LT será em circuito duplo de 345 kV, sendo que a distância em linha reta entre as SEs é de aproximadamente 11 km. (Figura 16).

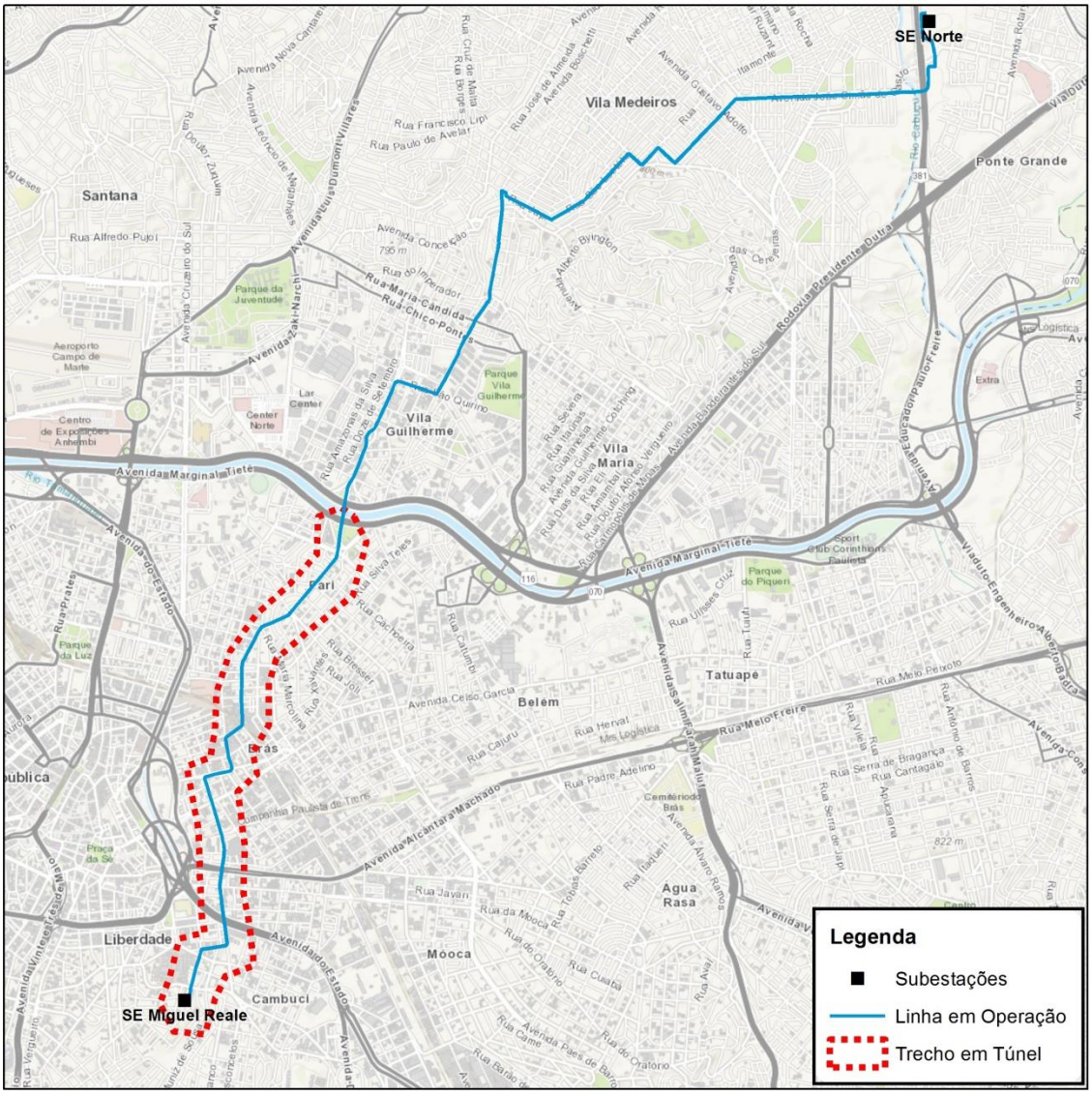


(Fonte: ESRI Topographic Map, 2018)

Figura 16 – Conexão esquemática SE Norte – SE Miguel Reale

Entre as Subestações Norte e Miguel Reale já existem dois circuitos subterrâneos da Isa-Cteep em operação, com 14 km de extensão. O trecho inicial de 8 km a partir da SE Norte até a ponte Vila Guilherme foram enterrados e os 6 km restantes, entre a ponte Vila Guilherme e a SE Miguel Reale, foram implantados em túnel. Segundo a Isa Cteep, no trecho de 8 km há alguns pontos que estão preparados para receber os dois circuitos planejados; entretanto, devido a características locais, como ruas estreitas e presença de tubulações de gás, a referida empresa sugere proposição de nova rota da

SE Norte até a ponte Vila Guilherme. Já no trecho em túnel de 6 km, entre a ponte Vila Guilherme e a SE Miguel Reale, a estrutura existente poderá ser compartilhada com os dois circuitos planejados, conforme representado na Figura 17.



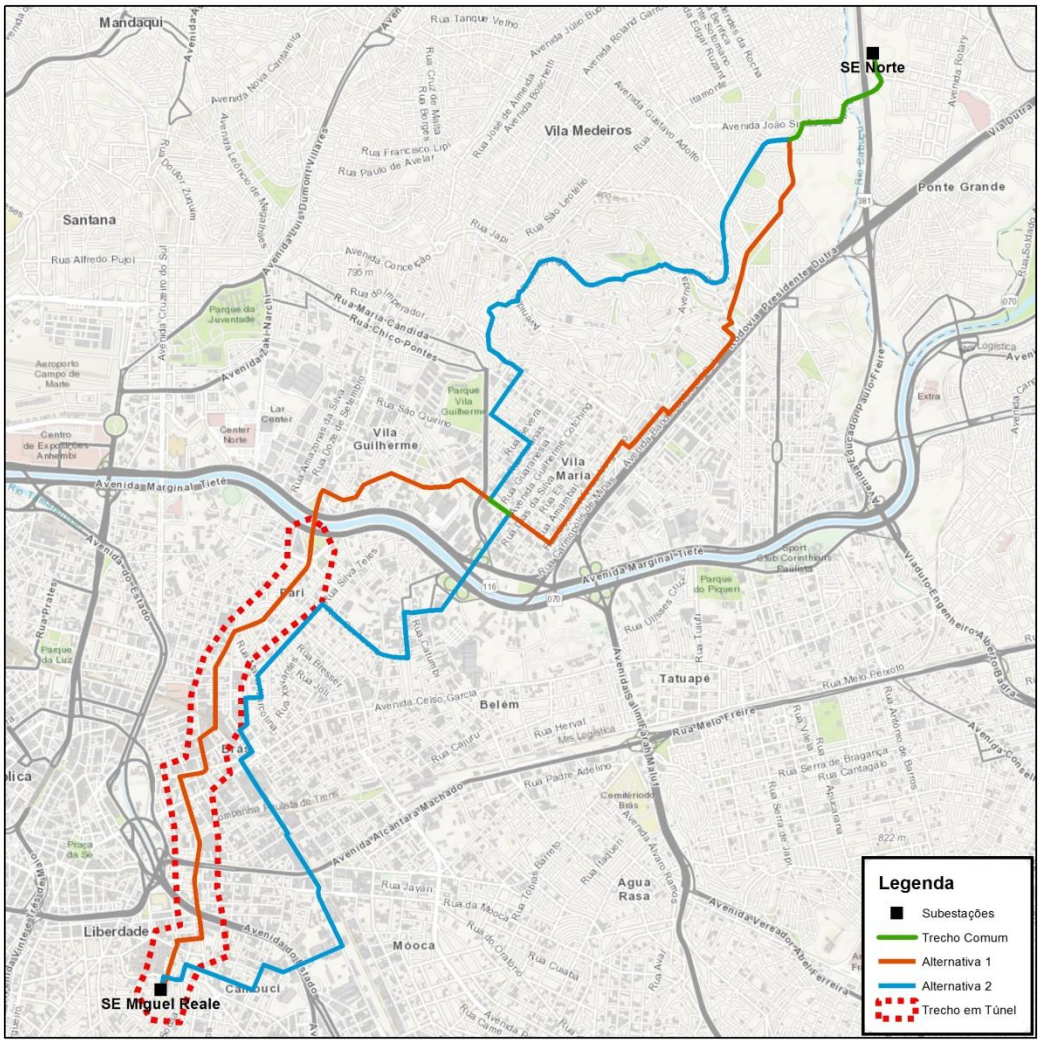
(Fontes: EPE, 2018; Isa Cteep 2018; ESRI Topographic Map, 2018)

Figura 17 – Linha em operação com trecho em túnel que pode ser aproveitado para a LT Norte – Miguel Reale

Devido à complexidade para se fazer a conexão, por conta das características da área, foram propostas duas alternativas de traçado.

4.2.1. Alternativas Desenvolvidas

Foram propostas duas alternativas de caminhamento de LT subterrânea: Alternativas 1 e 2 (Figura 18).



(Fontes: EPE, 2018; Isa Cteep 2018: ESRI Topographic Map, 2018)

Figura 18 - Alternativas de traçado estudadas para a LT Norte – Miguel Reale

A **Alternativa 1** possui 14,5 km de extensão e utiliza, principalmente, vias locais e coletoras. Saindo da SE Norte, o traçado desta alternativa se inicia na rua Brasileira, subindo pela alça de acesso da Rodovia Fernão Dias, passando pelo pontilhão na avenida João Simão de Castro. Esta estrutura, além de fazer a travessia da referida rodovia, cruza o rio Cabuçu, que delimita o limite entre os municípios de Guarulhos e São Paulo. Em território paulistano, o traçado se utiliza das vias sinuosas dos distritos da Vila Medeiros e das vias retilíneas da Vila Maria e Vila Guilherme até a travessia do rio Tietê, na ponte Vila Guilherme. A partir daí, como já mencionado, poderá haver o compartilhamento do túnel por onde já passam os circuitos existentes. Assim sendo, não serão descritos os principais aspectos e interferências a partir deste ponto.

De modo geral, esta alternativa possui um percurso sinuoso, passando por vias mais estreitas e de menor porte no distrito da Vila Medeiros e vias mais amplas nos demais. O mapa de trânsito do Google Maps demonstra que o fluxo é rápido em boa parte do traçado, com exceção da região do entorno da Marginal Tietê, nos distritos da Vila Maria e Vila Guilherme. De acordo com informações do mapeamento disponibilizado

pela Companhia de Gás de São Paulo (Comgás), há cruzamentos e paralelismos desse traçado referencial com tubulações. Em contrapartida, em muitas vias não há presença da tubulação.

Com relação ao sistema de abastecimento de água, de acordo com as informações disponibilizadas pela Sabesp, não há no traçado da LT incidência expressiva de tubulações de maior diâmetro integrantes do sistema adutor de água tratada (apenas cruzamento com duas adutoras). Certamente haverá diversos cruzamentos e/ou trechos de paralelismo com a tubulação de distribuição de menor diâmetro devido a sua quase onipresença nas vias; porém, em virtude da complexidade das obras, a tubulação de maior diâmetro é a mais relevante. Não foram disponibilizadas informações referentes ao sistema de esgotamento sanitário. A esse respeito, conforme mencionado, poderá haver cruzamentos da LT com grandes tubulações nas áreas adjacentes a córregos e rios.

A Alternativa 1 intercepta algumas áreas inundáveis, conforme observado em imagens de satélite e no mapa de risco elaborado pela CPRM (2012). É importante ressaltar que não há como evitar tais áreas, pois a conexão entre as duas subestações necessariamente atravessa os rios Cabuçu e Tietê, ao longo dos quais concentram-se as áreas inundáveis.

No tocante às interferências com infraestruturas de transporte, foi observado que há pequenos trechos de paralelismo e poucos cruzamentos com a rede cicloviária e faixa exclusiva de ônibus. Não há interferências com linhas de metrô e da CPTM ou corredores expressos de ônibus.

Por se tratar de área com a presença de indústrias desativadas, empresas de logística e postos de combustíveis, há sempre o risco da presença de áreas contaminadas. De acordo com a relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo, organizada pela Cetesb, existem três áreas contaminadas em estabelecimentos instalados nas ruas Dr. Afonso Vergueiro e Eugênio de Freitas, todas na categoria “sob investigação”.

Há três unidades educacionais (um estabelecimento público de ensino técnico na rua Alcântara e duas unidades de educação infantil na rua Eugênio de Freitas) e nenhuma unidade de saúde nas vias utilizadas para o delineamento do traçado. Não constam, nas bases de dados do Iphan e da Prefeitura de São Paulo consultadas, sítios arqueológicos ou bens tombados nas proximidades.

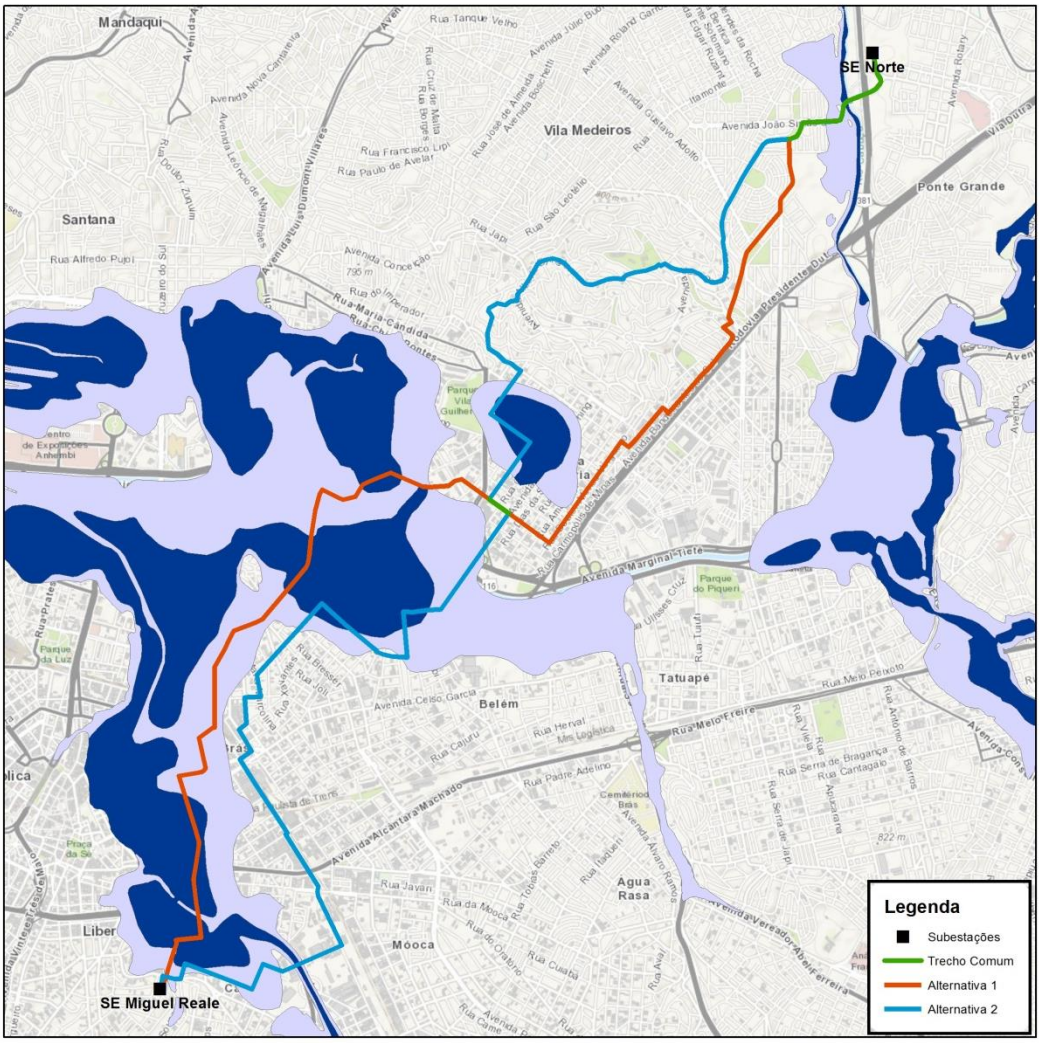
A **Alternativa 2,** que possui aproximadamente 17,5 km de extensão, utiliza-se, também, de vias locais e coletoras. Entretanto, com exceção dos 1.000 metros iniciais coincidentes com o traçado da Alternativa 1, são utilizados caminhos alternativos e ainda mais sinuosos dos distritos da Vila Medeiros (principalmente pela Av. Alberto Byington e Rua Simão Borges) e retilíneos da Vila Maria e Vila Guilherme. Dado que

nesta alternativa a travessia do rio Tietê se faz pela ponte Presidente Jânio Quadros (ponte da Vila Maria), não haverá o compartilhamento do referido túnel da Cteep. Assim sendo, o restante do traçado se utiliza das vias dos distritos do Belém, Brás e Cambuci; região polo de atividade comercial e industrial situada entre a região Central e a Zona Leste da cidade.

De modo geral, esta alternativa possui um percurso muito sinuoso, passando por vias mais estreitas e de menor porte no distrito da Vila Medeiros e vias mais amplas nos demais. O mapa de trânsito do Google Maps demonstra que o fluxo é rápido em boa parte do traçado até a região próxima à travessia do rio Tietê, nos Distritos da Vila Maria e Vila Guilherme. A região além da margem esquerda possui trânsito predominantemente moderado com alguns pontos de trânsito lento e poucos trechos rápidos.

De acordo com informações do mapeamento disponibilizado pela Companhia de Gás de São Paulo (Comgás), no trecho até a travessia do rio Tietê, há algumas interferências com a rede de gás (cruzamentos e paralelismos). Em contrapartida, o restante do traçado é caracterizado pelo paralelismo com tubulação de pressão até 1 bar em praticamente todas as vias.

Com relação ao sistema de abastecimento de água, de acordo com as informações disponibilizadas pela Sabesp, há cruzamento com três adutoras, que são tubulações de maior porte. Certamente haverá diversos cruzamentos e/ou trechos de paralelismo com a tubulação de distribuição de menor diâmetro devido a sua quase onipresença nas vias; porém, em virtude da complexidade das obras, a tubulação de maior diâmetro é a mais relevante. Não foram disponibilizadas informações referentes ao sistema de esgotamento sanitário. A esse respeito, conforme mencionado, poderá haver cruzamento da LT com grandes tubulações nas áreas adjacentes a córregos e rios. Assim como na Alternativa 1, há sobreposição a áreas inundáveis, visto que rio Tietê é um obstáculo a ser transposto, conforme ilustrado na Figura 19 (CPRM, 2012).



(Fontes: CPRM, 2012; ESRI Topographic Map, 2017)

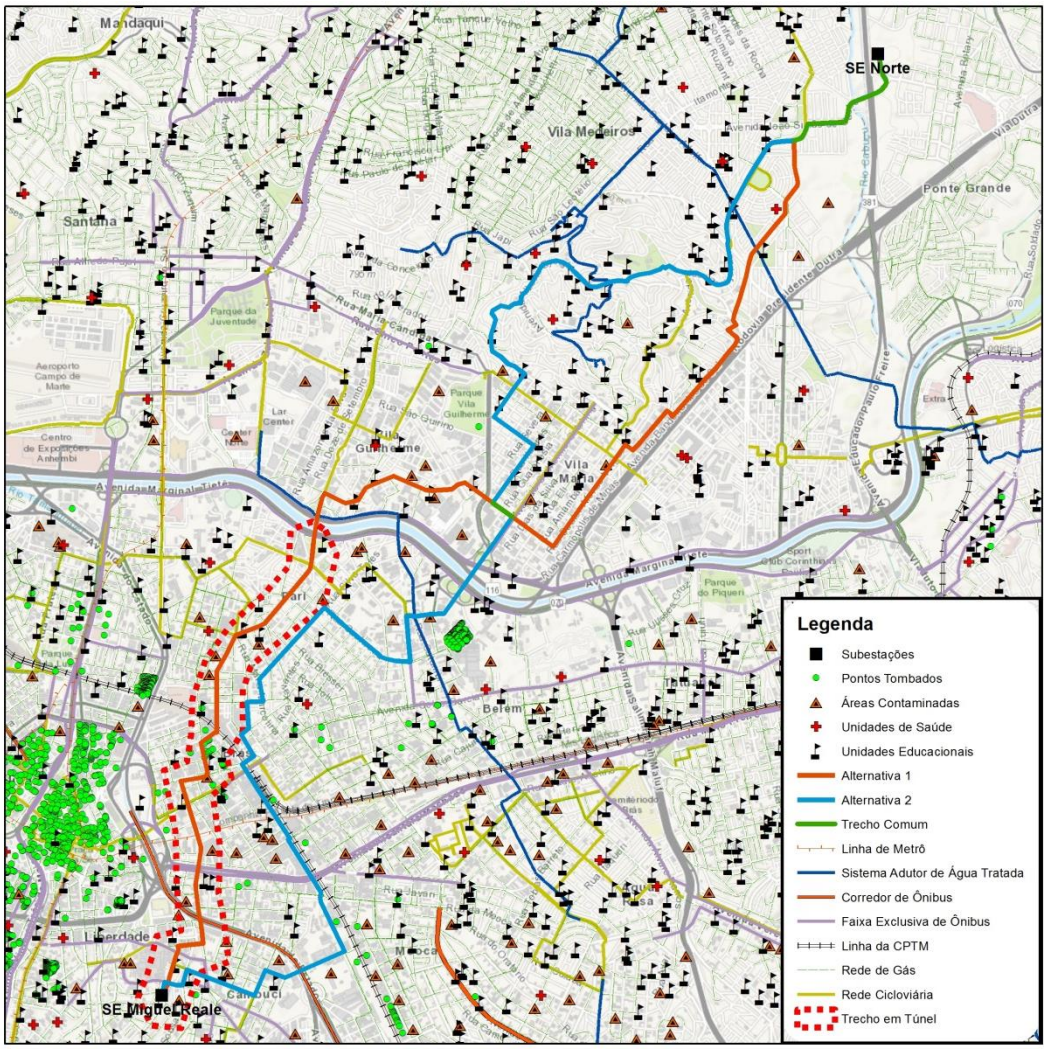
Figura 19 - Áreas suscetíveis a inundação no trajeto da LT Norte – Miguel Reale

No tocante às interferências com infraestruturas de transporte, há alguns cruzamentos e pequenos trechos de paralelismo com linha da CPTM, faixas exclusivas e corredores expressos de ônibus e rede cicloviária. As principais interferências ocorrem no segmento do traçado situado à margem esquerda do rio Tietê.

Por se tratar de área com a presença de indústrias desativadas, empresas de logística e postos de combustíveis, há sempre o risco da presença de áreas contaminadas. De acordo com a relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo, organizada pela Cetesb, existem áreas contaminadas em empreendimentos instalados na rua Jequitinhonha, classificadas como “sob investigação”.

Há nove unidades educacionais (dois estabelecimentos da rede pública e sete da rede privada, localizadas principalmente na Av. Alberto Byington e Rua Simão Borges) e nenhuma unidade de saúde nas vias ao longo do traçado. Não constam, nas bases de dados do Iphan e da Prefeitura de São Paulo consultadas, sítios arqueológicos ou bens tombados nas proximidades.

A Figura 20 ilustra os aspectos analisados para o desenvolvimento de ambas as alternativas:



(Fontes: Topographic Map, 2017; Sabesp 2018, Comgás, 2018; Geosampa, 2018)

Figura 20 - Alternativas de traçado e aspectos analisados no trajeto da LT Norte – Miguel Reale

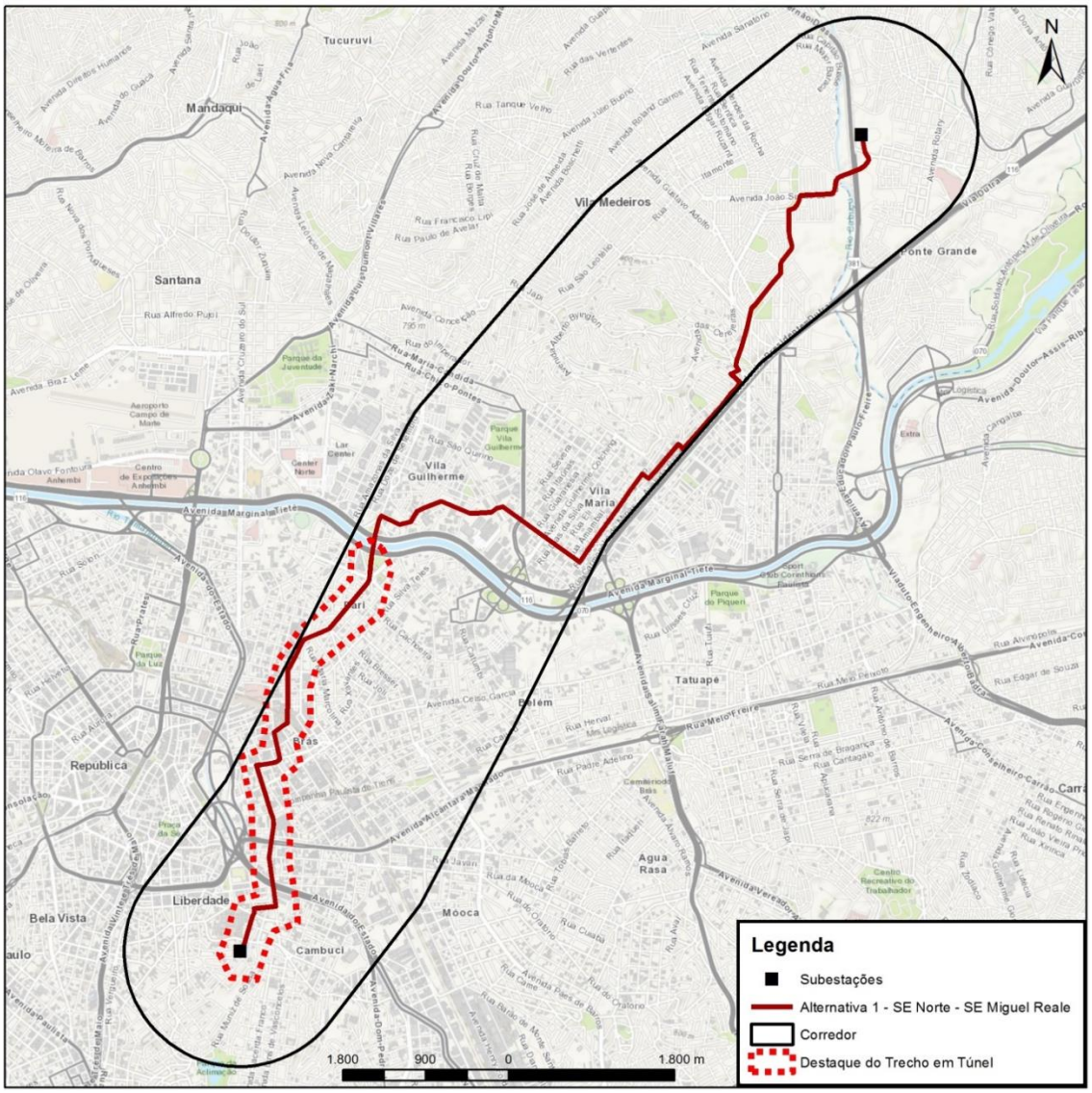
4.2.2. Escolha da Alternativa Referencial de Traçado

A seleção da melhor alternativa para a implantação de uma linha subterrânea deve considerar como os aspectos de maior relevância, sem prejuízo dos demais, os impactos relacionados ao trânsito da cidade e a quantidade e formas de interferências (cruzamento e paralelismos) com tubulações de gás, água e esgoto.

Nesse sentido, a mais promissora corresponde à Alternativa 1, considerando a menor complexidade frente à aprovação de projetos e ao processo de licenciamento ambiental, devido a menor sinuosidade, extensão, interferência com infraestrutura subterrânea, etc. Cabe destacar ainda que, a partir do refinamento e complementação das informações em levantamentos e estudos posteriores, o conjunto de alternativas sugeridas pode admitir outras proposições.

4.2.3. Detalhamento da Alternativa Selecionada

O corredor selecionado SE Norte – SE Miguel Reale foi elaborado com 2,5 km de largura e seu eixo possui aproximadamente 11,3 km de extensão. A largura do corredor foi baseada na disposição espacial das duas alternativas de traçado estudadas para a LT (Figura 21).



(Fonte: ESRI Topographic Map, 2018)

Figura 21 - Corredor SE Norte – SE Miguel Reale

O corredor localiza-se, em quase sua totalidade, no município de São Paulo e uma pequena parte está inserida no município de Guarulhos, dado que a subestação Norte se situa no limite entre os referidos munícipios. No município de São Paulo, os distritos onde o corredor se insere são: Vila Medeiros, Vila Maria, Vila Guilherme, Pari, Brás, Cambuci e Liberdade, sendo que nos quatro últimos há o compartilhamento do túnel da Cteep, por onde já passam os circuitos existentes da LT Norte – São Miguel. Como já

ressaltado, a descrição está restrita à região a norte do rio Tietê, onde não há compartilhamento com o referido túnel. As coordenadas das SEs são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Coordenadas das subestações da LT Norte – Miguel Reale

Subestação	Status	Coordenadas		Município	Estado
		Latitude	Longitude		
Norte	Existente	23°28'58"S	46°33'30"O	Guarulhos	SP
Miguel Reale	Existente	23°33'45"S	46°37'31"O	São Paulo	

As vias urbanas selecionadas variam de uma a três faixas de rolamento, compreendendo ruas e avenidas. A Tabela 8 detalha o itinerário do traçado principal (e da variante), bem como a extensão em cada logradouro.

Tabela 8 – Itinerário do traçado da LT Norte – Miguel Reale

Alternativa 1	
Logradouro	**Extensão (m)**
Alça de acesso à rodovia Fernão Dias	560
Avenida João Simão de Castro	600
Avenida do Poeta	210
Avenida Franz Liszt	610
Avenida Ten. José Jerônimo Mesquita	150
Rua Soldado José Vivanco Solano	1.150
Avenida Sargento Miguel de Sousa Filho	70
Rua Soldado José Fernandes da Silva	90
Rua Soldado José Antônio Moreira	130
Avenida Bandeirantes do Sul	1.800
Rua Margarinos Torres	130
Rua Dr. Afonso Vergueiro	840
Rua Alcântara	1.040
Rua Eugênio de Freitas	1.000
Avenida Guilherme	140
Rua Leonor Fernandes Costa Zacharias	340
Rua dos Machados	270
Travessia do rio Tietê	150
Túnel da Cteep	5.220

Cerca de 36% do traçado da Alternativa 1 é composto pelo compartilhamento do túnel da Cteep. A Figura 22 ilustra o aspecto das duas principais vias que compõem o traçado:



(Fonte: Google Earth-Street View, 2017)

Figura 22 - Características de vias urbanas no traçado da LT Norte – Miguel Reale

Como mencionado anteriormente, existem cruzamentos e trechos de paralelismo com a rede de gás, elencados nas Tabelas a seguir:

Tabela 9 – Principais cruzamentos da LT Norte – Miguel Reale com rede de gás

Cruzamentos	Quantidade	Pressão (bar)	Diâmetro	Material
Avenida Franz Liszt	1	4	6” polegadas	Aço
Rua Dr. Afonso Vergueiro	1	4	125 mm	Polietileno
Rua Alcântara	2	4	6”/63 mm	Aço/PE
Rua Eugênio de Freitas	1	4	63 mm	Polietileno
Rua dos Machados	1	4	250 mm	Polietileno
Rua dos Machados	1	7	4”	Aço

Tabela 10 – Principais trechos de paralelismo da LT Norte – Miguel Reale com rede de gás

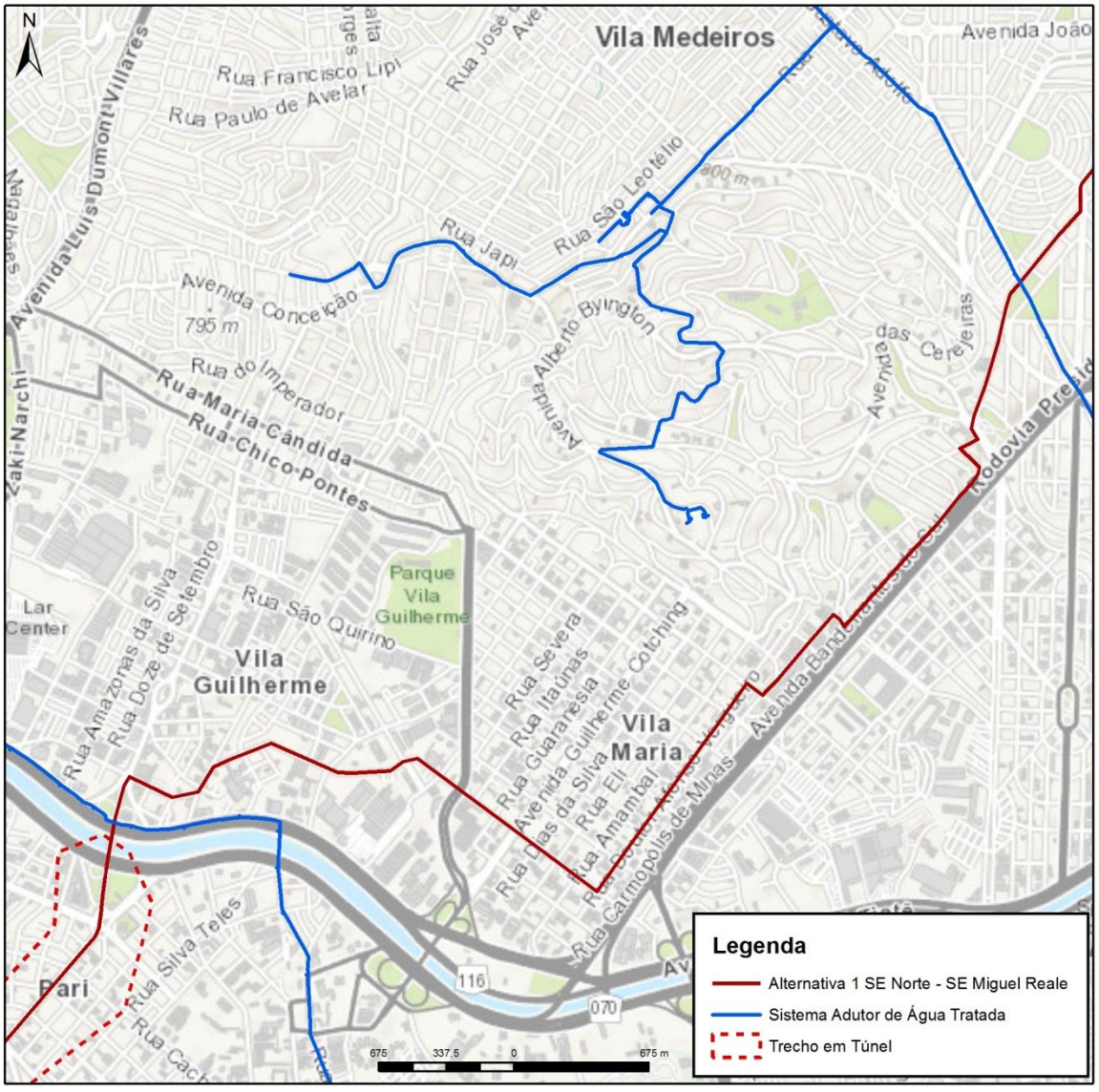
Paralelismo	Pressão (bar)	Diâmetro	Material	Extensão (m)	Tipo
Rua Alcântara	4	180 mm	Polietileno	230	Simples
Rua Alcântara	4	6”	Aço	100	Simples
Rua Alcântara	4	180 mm	Polietileno	250	Simples
Rua Eugênio de Freitas	4	180 mm	Polietileno	420	Simples
Rua Eugênio de Freitas	4	63mm	Polietileno	40	Simples
Rua Eugênio de Freitas	0,35	63mm	Polietileno	220	Simples
Avenida Guilherme	4	180 mm	Polietileno	140	Simples
Rua Leonor Fernandes	4	250 mm	Polietileno	350	Simples
Rua dos Machados	7	4”	Aço	60	Simples
Ponte da Vila Guilherme	7	4”	Aço	220	Simples

Em face dos números apresentados referentes ao paralelismo, sem considerar o trecho de compartilhamento do túnel da Cteep, chega-se à conclusão de que aproximadamente 22% do traçado concorre diretamente com a rede de gás.

O sistema adutor de água tratada é interceptado em dois pontos (Tabela 11) e não há paralelismo com o trajeto da LT (Figura 23).

Tabela 11 – Principais cruzamentos da LT Norte – Miguel Reale com adutoras

Cruzamento	Diâmetro	Material
Adutora Alça Leste-Guaraú -Rio Tietê	1500 mm	Aço
Adutora Guaraú-Mooca	2500 mm	Aço



(Fontes: Topographic Map, 2017; Sabesp 2018; Geosampa, 2018)

Figura 23 – Cruzamentos da LT Norte – Miguel Reale com adutoras

Devido ao compartilhamento do túnel da Cteep, não haverá interferência com grandes estruturas de diferente modais de transporte, tais como: linha de metrô, linha da CPTM, corredor exclusivo ônibus, etc.

Foi observado que há pequenos trechos de paralelismo e poucos cruzamentos com a rede cicloviária e faixa exclusiva de ônibus. Não há interferência com linhas de metrô e

CPTM ou corredores expressos de ônibus. As poucas interferências são restritas a poucos cruzamentos e a um pequeno trecho de 250 metros de paralelismo com rede cicloviária na avenida do Poeta. Não há paralelismo com faixas exclusivas de ônibus e apenas um cruzamento com a LT.

É notório que a questão do trânsito é um dos maiores problemas que a cidade de São Paulo enfrenta. A grande maioria das vias apresenta grande volume de tráfego, fazendo com que qualquer intervenção cause grandes impactos na mobilidade. Neste cenário, onde foi possível, buscou-se utilizar as vias com menor histórico de trânsito. As informações acerca do tráfego. Sendo assim, de acordo com as informações do mapa de trânsito do *Google Maps* (nos horários de pico de segundas-feiras, às 8h; e sextas-feiras, às 18h), apresentam trechos consideráveis de fluxo moderado, tanto no sentido bairro-centro como no centro-bairro.

A Tabela 12 identifica os trechos mais críticos, em que o cenário do horário de pico da sexta-feira às 18h se mostrou mais complexo.

Tabela 12 – Trechos críticos de tráfego no trajeto da LT Norte – Miguel Reale

Início	Fim	Extensão (m)	Sentido	Tráfego	Cenário
Rua Sold. José Fernandes da Silva, 10	Rua Sold. José Fernandes da Silva, 89	100	Bairro-Centro	Moderado	Segunda-feira, 8h
Av. Bandeirantes do Sul, 427	Rua Carmópolis de Minas, 941	550	Bairro-Centro	Moderado	Segunda-feira, 8h
Rua Alcântara, 1613	Rua Alcântara, 305	750	Bairro-Centro	Moderado	Segunda-feira, 8h
Av. Guilherme, 374	Rua Leonor Fernandes Costa, 228	500	Bairro-Centro	Moderado	Segunda-feira, 8h
Rua Alcântara, 23	Rua Alcântara, 1613	1000	Bairro-Centro	Moderado/Lento	Segunda-feira, 8h
Rua Magarinos Torres, 1431	Av. Bandeirantes do Sul, 234	350	Bairro-Centro	Moderado/Lento	Segunda-feira, 8h
Av. Sarg. Miguel de Sousa Filho, 10	R. Sold. José Vivanco Solano, 28	100	Bairro-Centro	Moderado	Sexta, 18h
Av. do Poeta, 473	Av. João Simão de Castro, 1500	400	Centro-bairro	Moderado	Sexta, 18h

(Fonte: Google Maps, setembro de 2018)

Como os dados contidos na ferramenta do Google Maps são fruto de estimativas e sofrem forte dinâmica, recomenda-se consultar dados e estudos da Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo.

No caso da sinuosidade, o traçado sugerido alcançou um valor 32% maior em relação ao percurso em linha reta. Este incremento se deve principalmente às várias angulações e inflexões.

4.3. LT 345 kV São Caetano do Sul – Sul

A conexão entre as SE São Caetano do Sul e SE Sul se encontra em área urbana adensada e industrializada, compreendendo os municípios de São Caetano do Sul e Santo André. A LT será em circuito duplo (CD) subterrâneo com tensão de 345 kV, sendo que a distância aproximada entre as SEs é de 11 km em linha reta (Figura 24).

Devido à complexidade para se fazer a conexão, em face das características da área, foram propostas duas alternativas de traçado.

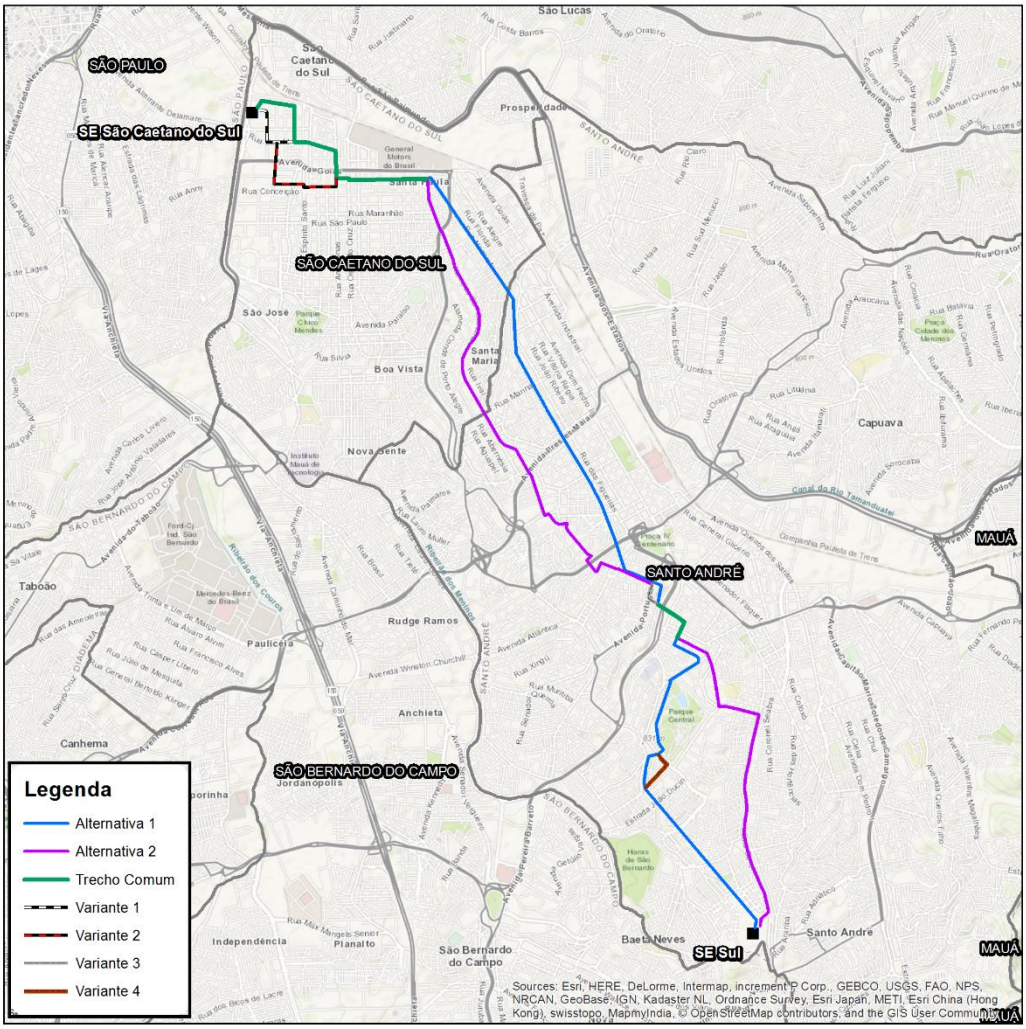


(Fontes: EPE, 2018; ESRI TopographicMap, 2018)

Figura 24 – Conexão esquemática SE São Caetano do Sul - SE Sul

4.3.1. Alternativas Desenvolvidas

Foram estudadas duas alternativas de caminhamento de LT subterrânea: Alternativas 1 e 2. (Figura 25).



(Fontes: EPE, 2018; ESRI TopographicMap, 2018)

Figura 25 – Alternativas de traçados estudadas para a LT São Caetano do Sul – Sul

A **Alternativa 1** possui 14,1 km de extensão, utilizando-se como referência, principalmente, a faixa de servidão da Linha de Distribuição (LD) 88 kV Sul – Wilson 5 e 6, com algumas exceções nos trechos onde o compartilhamento é inviável. Partindo da SE Sul, localizada no bairro Vila Linda, município de Santo André, o traçado dessa alternativa segue no sentido noroeste, acompanhando por aproximadamente 2 km a faixa de servidão de 5 LDs de circuito duplo (CD), dentre elas a LD Sul – Wilson 5 e 6.

Na altura da rua Osvaldo Cruz o traçado declina para norte passando a seguir apenas a LD Sul – Wilson 5 e 6 por 400 metros. Em seguida o traçado apresenta maior sinuosidade, quando cruza a rua Juquiá e adentra os limites do Parque Central, contornando-o pela extremidade oeste até a Praça Fabio Castravelli. A partir desse ponto o traçado deixa de seguir a LD Sul – Wilson para evitar interferência com um corredor de ônibus na Av. Ramiro Colleoni. Sendo assim, da Praça Fabio Castravelli o traçado segue pela rua José Bonifácio por 400 metros até alcançar a Av. Doze de Outubro, seguindo por esta, no sentido noroeste, até a Rua Porto Alegre, onde declina

a norte e segue por mais 300 metros até Rua Venezuela. Seguindo pela Rua Venezuela, no sentido noroeste, o traçado cruza a Av. Ramiro Colleoni, onde há um corredor de ônibus e um canal de água pluvial (córrego Carapetuba), transposto por meio de estrutura de ponte. Pouco à frente, o traçado deflete a norte na Rua Almirante Tamandaré, onde segue por 220 metros para voltar a utilizar a faixa de servidão da LD Sul – Wilson.

O traçado então segue por 480 metros paralelo à Av. Dr. Cesário Bastos, quando deflete a norte e passa por um longo trecho de baixa sinuosidade. Neste trecho o traçado cruza a Av. José Antônio de Almeida Amazonas e pouco mais à frente segue paralelo à rua das Laranjeiras, onde é notável a maior ocupação da faixa de servidão por pequenos cultivos de hortaliças e plantas ornamentais. Após cruzar a Av. Prestes Maia o traçado segue retilíneo, paralelo à rua das Laranjeiras por 1,2 km para então defletir a norte e percorrer mais 700 metros, cruzando o limite municipal entre Santo André e São Caetano do Sul.

Já em São Caetano do Sul, no bairro Barcelona, o traçado segue no sentido noroeste pela rua Nazaret, que possui duas vias e um canteiro central, por onde passa a LD Sul – Wilson 5 e 6. Neste trecho, de 1,6 km, o traçado cruza a Av. Presidente Kennedy e pouco à frente deflete a oeste na Rua Marechal Deodoro. A partir daí o traçado deixa de utilizar a LD Sul - Wilson como referência devido à provável dificuldade de implantação em terreno pertencente à General Motors.

O traçado então se utiliza da Rua Marechal Deodoro e rua Nilo Peçanha para alcançar a rua Amazonas, onde deflete a norte e cruza a Av. Goiás. Após cruzar a Av. Goiás e percorrer 250 metros, já no Centro da cidade, o traçado deflete a oeste pela Rua Baraldi, onde segue por 500 metros para defletir novamente a norte pela Rua Pernambuco. Após 450 metros o traçado deflete pela última vez a oeste pela Rua Professora Maria Macedo, de onde acessa o pátio da SE São Caetano do Sul.

A fim de se evitar interferência em rede de gás de alta pressão foi elaborada a **Variante 1** e para evitar possíveis interferências no tráfego do bairro Centro foi elaborada a **Variante 2** (Figura 26). Há ainda uma variante elaborada para evitar interferências excessivas no sistema adutor de água tratada, que será apresentada mais à frente.



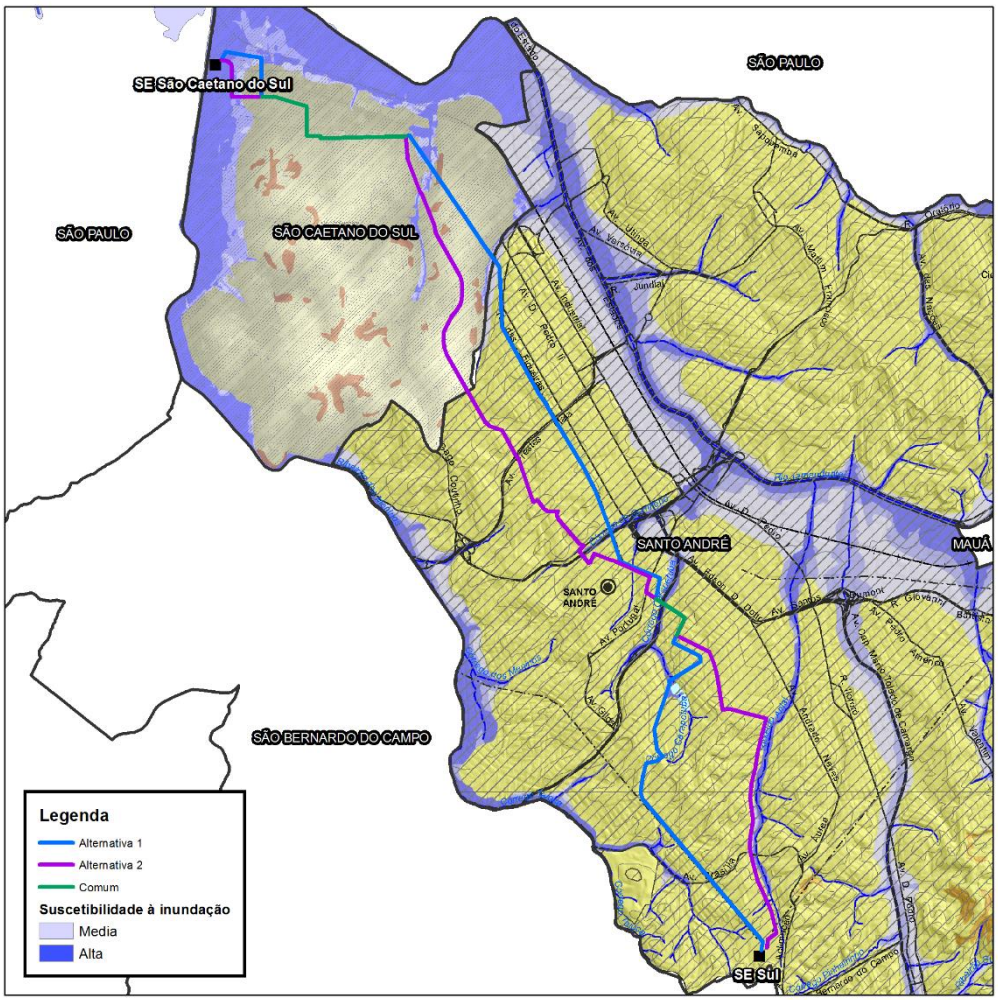
(Fontes: EPE, 2018; ESRI TopographicMap, 2018)

Figura 26 – Variantes 1 e 2 da LT São Caetano do Sul – Sul

De acordo com informações do mapeamento disponibilizado pela Companhia de Gás de São Paulo (Comgás), há diversos cruzamentos e trechos de paralelismo com a rede de gás, a principal delas ao longo da rua Nazaret. Em contrapartida, em muitas vias não há presença da tubulação.

Com relação ao sistema de abastecimento de água, de acordo com as informações disponibilizadas pela Sabesp, não há muita incidência expressiva de tubulações de maior diâmetro integrantes do sistema adutor de água tratada. Certamente haverá diversos cruzamentos e/ou trechos de paralelismo da LT com a tubulação de distribuição de menor diâmetro devido a sua quase onipresença nas vias; porém, em virtude da complexidade das obras, a tubulação de maior diâmetro é a mais relevante. Não foram disponibilizadas informações referentes ao sistema de esgotamento sanitário. A esse respeito, poderá haver pontos de cruzamento com grandes tubulações nas áreas adjacentes a córregos e rios.

A Alternativa 1 intercepta algumas áreas inundáveis, conforme observado no mapa de risco elaborado pela CPRM e IPT (2014), para Santo André, e pela CPRM (2018), para São Caetano do Sul. É importante ressaltar que não há como evitar algumas dessas áreas pela inviabilidade de se realizarem os desvios necessários (Figura 27).



(Fontes: CPRM, 2014; CPRM, 2018; IBGE, 2016)

Figura 27 - Áreas suscetíveis a inundação no trajeto da LT São Caetano do Sul – Sul

No tocante às interferências com infraestruturas de transporte, foi observado que não há qualquer interposição direta em linhas de metrô ou CPTM. Há um cruzamento de ciclovia, entre a Praça Fábio Castravelli e o Parque Central, e um cruzamento de faixa exclusiva para ônibus em cada sentido da Av. Ramiro Colleoni.

De acordo com a relação de áreas contaminadas do estado de São Paulo, organizada pela Cetesb, existem sete áreas contaminadas em empreendimentos instalados nas vias utilizadas para o traçado ou suas variantes.

Há quatro unidades educacionais nas vias utilizadas pelo traçado, sendo que as variantes permitem o desvio de duas delas. Não há registro de unidades de saúde, instalações do Corpo de Bombeiros ou sítios arqueológicos nas bases consultadas.

A **Alternativa 2,** possui 14,3 km de extensão e utiliza-se majoritariamente de vias locais e coletoras. Esta alternativa possui dois trechos em comum a **Alternativa 1,** totalizando 2.550 metros de extensão. Partindo da SE Sul, no bairro Vila Linda, o traçado segue, no sentido norte, pela Rua Carijós por 2,7 km até defletir a oeste pela

Rua Paranapanema, onde percorre mais 500 metros até a Praça Almeida Júnior. De lá, o traçado deflete a norte e segue pela Av. Dr. Erasmo por 660 metros até a Av. dos Andradas. Seguindo no sentido noroeste por 400 metros, o traçado alcança a Rua Porto Alegre, a partir de onde possui trecho de 600 metros em comum com a **Alternativa 1**, utilizando a Rua Venezuela para cruzar a Av. Ramiro Colleoni e alcançar a Av. Portugal. De lá o traçado deflete a norte e pouco depois deflete a noroeste novamente, utilizando a Rua Dr. Cesário Bastos até a Rua Adolfo Bastos. O trecho seguinte é de maior sinuosidade, quando deflete a sudoeste pela Rua Adolfo Bastos e em seguida a noroeste pela Rua Santo Urbano, por meio da qual é feito o cruzamento da Av. José Antônio de Almeida Amazonas, alcançando a Rua Catequese.

O traçado então deflete a nordeste e em seguida a norte pela Rua dos Capuchinhos, onde segue até a Rua Ministro Calógeras, onde deflete a oeste. O traçado segue por esta rua até a Rua Tamarutaca, onde deflete a oeste e em seguida a norte pela Rua Silveiras, por onde segue por 530 metros até cruzar a Av. Prestes Maia, seguindo pela Rua Iguaçu. Após 300 metros o traçado deflete a noroeste na Alameda São Caetano, seguindo por ela por 3,4 km até a Rua São Carlos. Nesse trecho destaca-se o cruzamento da Av. Pres. Kennedy. Após a Rua São Carlos o traçado alcança a Rua Marechal Deodoro, a partir de onde passa a ter traçado comum a **Alternativa 1.** Com o trecho final comum, as **Variantes 1 e 2** também servem a **Alternativa 2** (Figura 26).

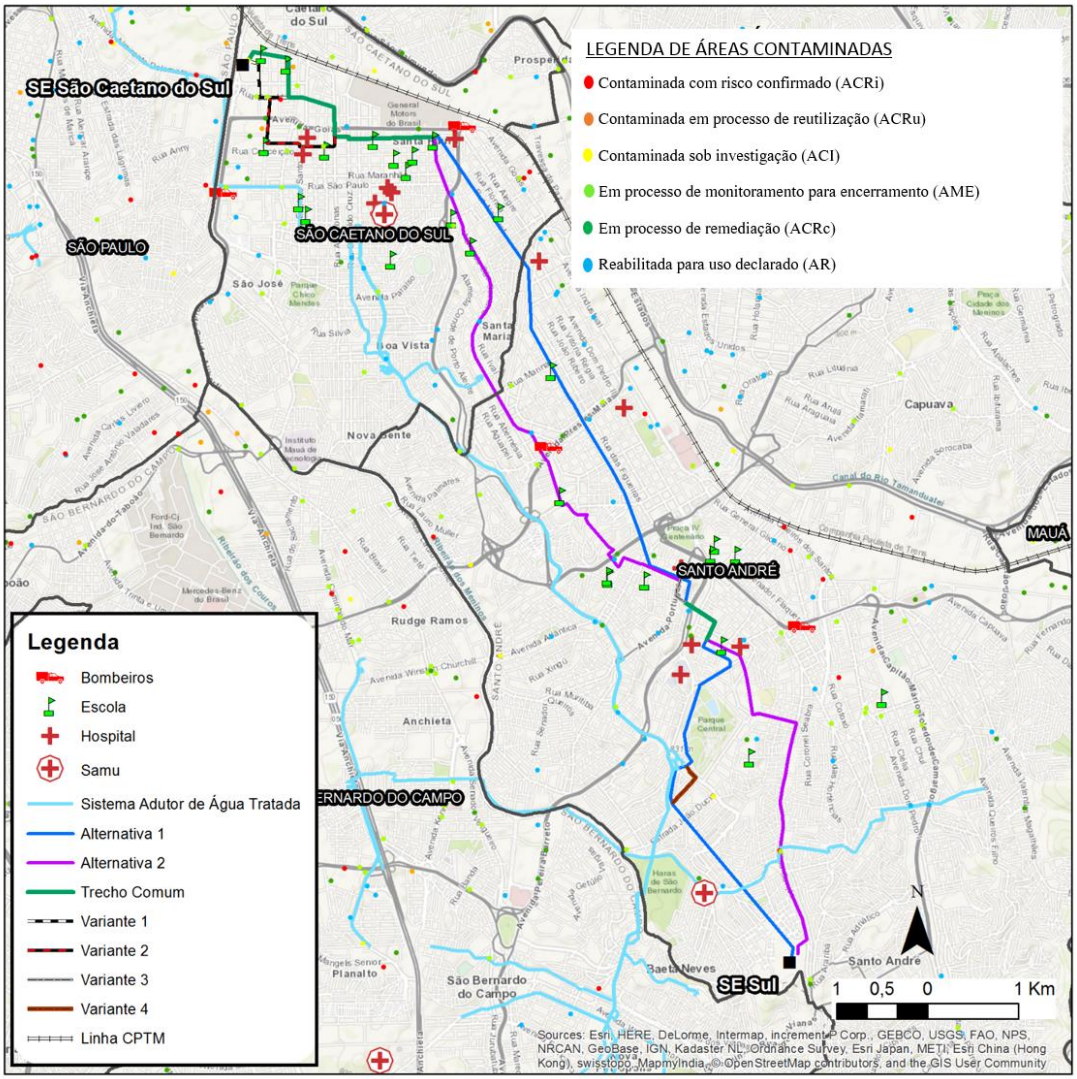
A Alternativa 2 intercepta algumas áreas inundáveis, conforme observado no mapa de risco elaborado pela CPRM e IPT (2014), para Santo André, e pela CPRM (2018), para São Caetano do Sul. É importante ressaltar que não há como evitar algumas dessas áreas, pela inviabilidade de se realizarem os desvios necessários (Figura 27).

De acordo com a relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo, organizada pela Cetesb, existem 14 áreas contaminadas em empreendimentos instalados nas vias utilizadas para o traçado ou suas variantes.

No tocante às interferências com infraestruturas de transporte, foi observado que não há interposição direta em linhas de metrô ou da CPTM. Há cruzamento de uma faixa exclusiva para ônibus, na Av. Ramiro Colleoni.

Segundo as bases de dados consultadas, há seis unidades educacionais nas vias utilizadas pelo traçado, sendo que as variantes permitem o desvio de duas delas. Não há registro, nessas bases de dados, de unidades de saúde, instalações do Corpo de Bombeiros ou sítios arqueológicos. Ressalta-se que ao cruzar a Av. Prestes Maia a **Alternativa 2** poderá impactar a região no entorno do 8º Grupamento do Corpo de Bombeiros – Posto Campestre.

A Figura 28 ilustra os aspectos analisados para o desenvolvimento de ambas as alternativas.



(Fontes: Cetesb, 2017; EPE, 2018; ESRI TopographicMap, 2018)

Figura 28 – Alternativas de traçado estudadas para a LT São Caetano do Sul – Sul e aspectos analisados

4.3.2. Escolha da Alternativa Referencial de Traçado

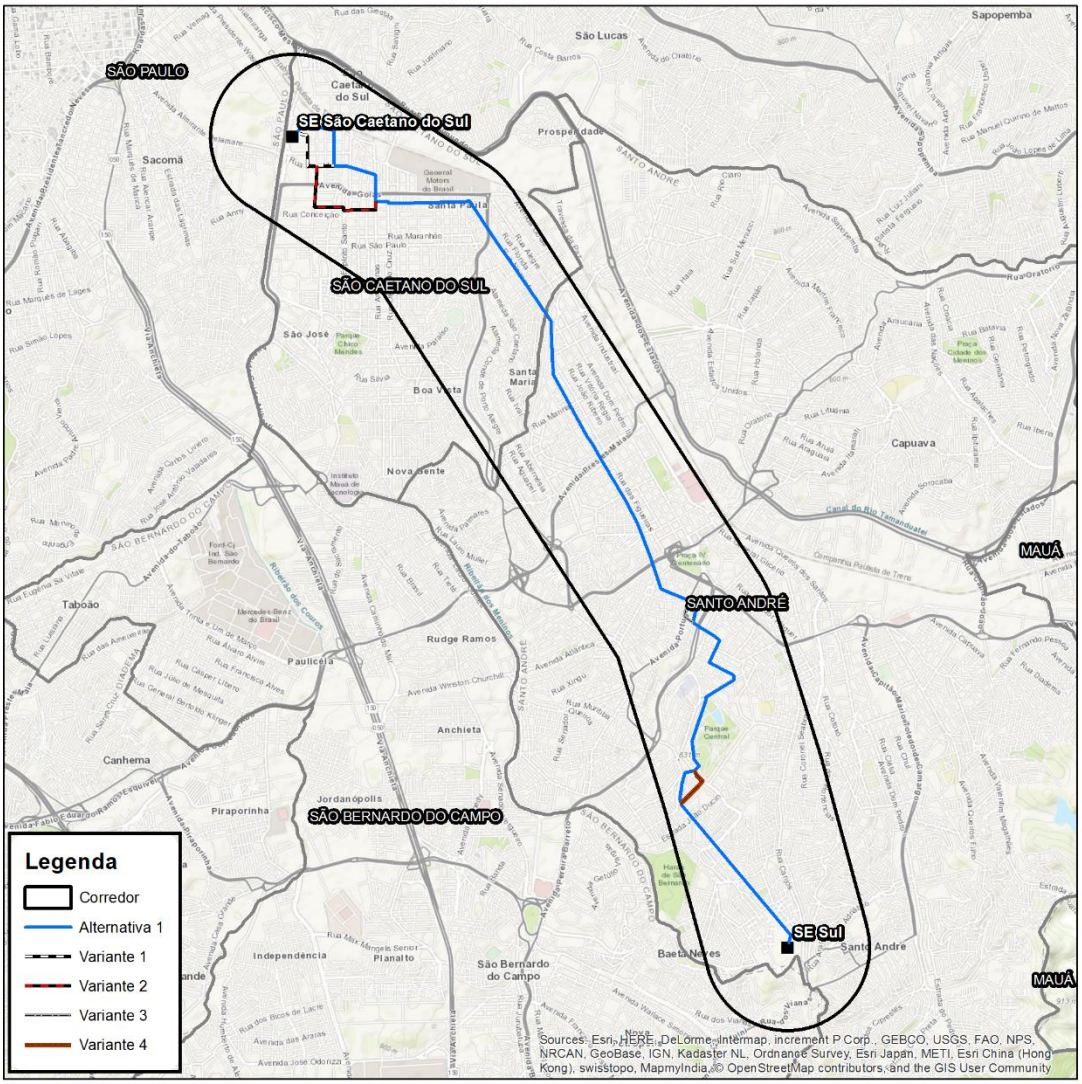
A seleção da melhor alternativa para a implantação de uma linha subterrânea deve considerar como aspectos de maior relevância, sem prejuízo dos demais, os impactos relacionados ao trânsito da cidade e a quantidade e formas de cruzamentos e paralelismos com tubulações de gás, água e esgoto.

Nesse sentido, a mais promissora corresponde à Alternativa 1, considerando a menor complexidade para aprovação de projetos e ao processo de licenciamento ambiental, já que se aproveita da faixa de servidão da LD 88 kV Sul – Wilson 5 e 6 em grande parte do traçado. Ressalta-se que a Enel Distribuição São Paulo realizou uma vistoria em campo para verificar a possibilidade de utilização da faixa de servidão da referida LD para implantação da LT subterrânea 345 kV São Caetano do Sul – Sul. Foi verificado que os trechos em que pode ser estudada a implantação da nova LT subterrânea

localizam-se entre as torres 1 (SE Sul) e 29, e entre as torres 37 e 84. Entre as torres 29 e 37 existe um corredor exclusivo de ônibus, já citado neste relatório. E a partir da torre 84 a inviabilidade se dá pela interferência em área pertencente à General Motors, além da cumulatividade de LTs. Cabe destacar ainda que, a partir do refinamento e complementação das informações em levantamentos e estudos posteriores, o conjunto de alternativas sugeridas pode admitir outras proposições.

4.3.3. Detalhamento da Alternativa Selecionada

O corredor selecionado para a LT São Caetano do Sul – Sul foi elaborado com 2 km de largura e seu eixo possui aproximadamente 12 km de extensão. A largura do corredor foi baseada na disposição espacial das duas alternativas. (Figura 29).



(Fontes: EPE, 2018; ESRI TopographicMap, 2018)

Figura 29 - Corredor SE São Caetano do Sul – SE Sul

O corredor localiza-se em sua maior parte nos municípios de Santo André e São Caetano do Sul, interceptando pequena parcela de São Bernardo do Campo e São Paulo. As coordenadas das SEs são apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Coordenadas das subestações da LT São Caetano do Sul – Sul

Subestação	Status	Coordenadas		Município	Estado
		Latitude	Longitude		
São Caetano do Sul	Existente	23°36'34"S	46°34'44"O	São Caetano do Sul	SP
Sul	Existente	23°41'57"S	46°31'15"O	Santo André	

Como a maior parte do traçado está sob a faixa de servidão da LD Sul – Wilson 5 e 6, a descrição ora apresentada se restringe aos poucos trechos de vias onde o compartilhamento de faixa é inviável. As vias urbanas selecionadas variam de uma a três faixas de rolamento, compreendendo ruas e avenidas. A Tabela 14 detalha o itinerário do traçado principal (e da variante), bem como a extensão em cada logradouro.

Tabela 14 – Itinerário do traçado referencial da LT São Caetano do Sul - Sul

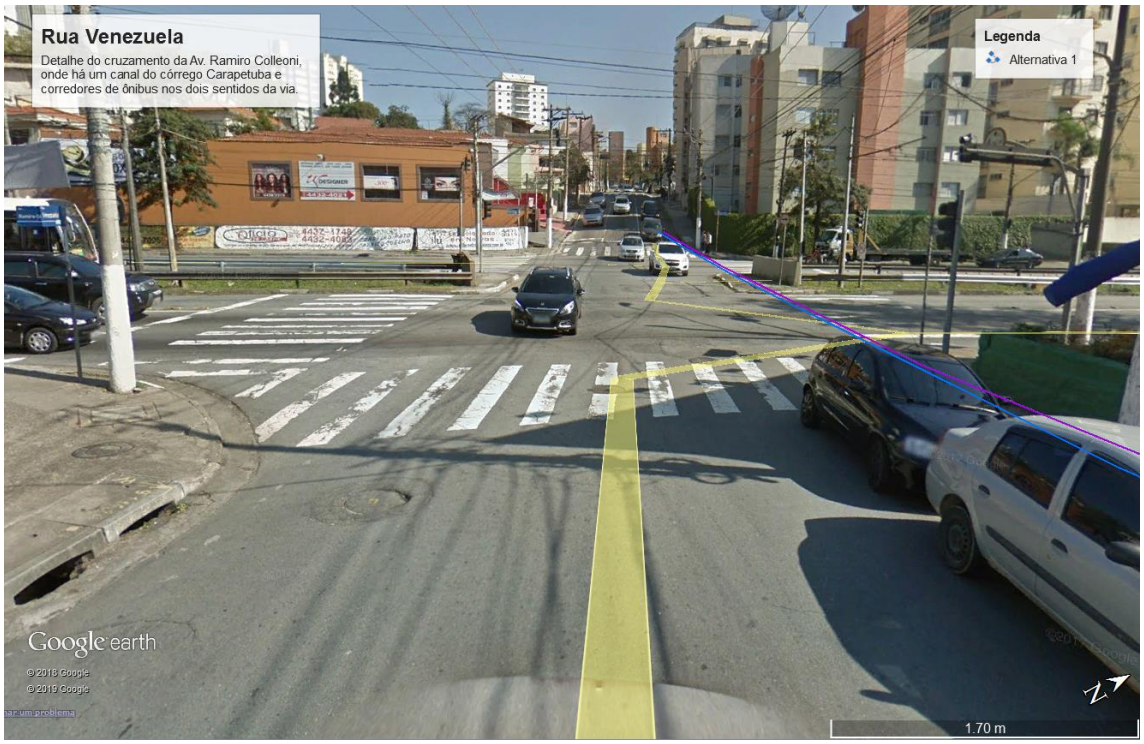
Traçado Principal		Traçado com Variante	
Logradouro	Extensão (m)	Logradouro	Extensão (m)
Torre 1 a 29 da LD	3600	-	-
Rua José Bonifácio	410	-	-
Av. Doze de Outubro	380	-	-
Rua Porto Alegre	300	-	-
Rua Venezuela	385	Rua Venezuela	520
Rua Almirante Tamandaré	220	Av. Portugal	200
Torre 38 a 84 da LD	5820	Torre 39 a 84 da LD	5720
Rua Marechal Deodoro	985	-	-
Rua Oswaldo Cruz	20	-	-
Rua Nilo Peçanha	150	-	-
Rua Amazonas	330	Rua Amazonas	110
Rua Baraldi	510	Rua Monte Alegre	390
Rua Pernambuco	435	Rua Espírito Santo	40
Rua Prof. Maria Macedo	400	Rua Joaquim Nabuco	360
-	-	Rua Major Carlos Del Prete	500
-	-	Rua Baraldi	120
-	-	Rua Senador Vergueiro	375

As Figuras a seguir exemplificam o aspecto de algumas vias e trechos que compõem o traçado.



(Fonte: Google Street View, 2014)

Figura 30 – Cruzamento da Av. Rangel Pestana



(Fonte: Google Street View, 2017)

Figura 31 – Cruzamento do traçado da LT São Caetano do Sul – Sul com a Av. Ramiro Colleoni



(Fonte: Google Street View, 2018)

Figura 32 – Detalhe da Rua Nazaret, onde há presença de rede de gás

Como já mencionado, há cruzamentos e trechos de paralelismo com a rede de gás, elencados nas tabelas a seguir.

Tabela 15 - Principais cruzamentos da LT São Caetano do Sul – Sul com rede de gás (sem variante)

Cruzamentos	Pressão (bar)	Diâmetro	Material
Alameda São Caetano	0,35	63 mm	P1
Av. dos Andradas	4	180 mm	Polietileno
Av. Doutor Alberto Benedetti	4	63 mm	Polietileno
Av. José Antônio de Almeida Amazonas	4	125 mm	Polietileno
Av. Portugal	4	63 mm	Polietileno
Av. Rangel Pestana	0,35	40 mm	Polietileno
Limite municipal Santo André/São Caetano	17	20”	Aço
Rua Adolfo Bastos	4	63 mm	Polietileno
Rua Afonso Pena	4	63 mm	Polietileno
Rua Alagoas	4	125 mm	Polietileno
Rua Almirante Tamandaré	4	63 mm	Polietileno
Rua Americana	0,35	40 mm	Polietileno
Rua Antônio Bastos	4	125 mm	Polietileno
Rua Capeberibe	17	10”	Aço
Rua Capeberibe	4	125 mm	Polietileno
Rua Catequese	4	125 mm	Polietileno
Rua Conselheiro Justino	4	125 mm	Polietileno
Rua das Aroeiras	0,35	40 mm	P1
Rua das Caneleiras	0,35	63 mm	P1
Rua das Goiabeiras	0,35	40 mm	P1
Rua das Pitangueiras	0,35	63 mm	P1

Rua das Pitangueiras	4	63 mm	Polietileno
Rua Diogo Fernandes	4	63 mm	P1
Rua do Café	4	63 mm	Polietileno
Rua Dona Carlota	4	63 mm	Polietileno
Rua Dourado	0,35	40 mm	Polietileno
Rua Dourado	0,35	40 mm	Polietileno
Rua Gália	0,35	40 mm	Polietileno
Rua General Canavarro	4	63 mm	Polietileno
Rua Juquiá	4	63 mm	Polietileno
Rua Laura	4	63 mm	Polietileno
Rua Lavras	0,35	40 mm	Polietileno
Rua Lino Jardim	4	63 mm	Polietileno
Rua Maceió	0,35	63 mm	Polietileno
Rua Macuco	0,35	40 mm	Polietileno
Rua Macuco	4	125 mm	Polietileno
Rua Marechal Hermes	4	125 mm	Polietileno
Rua Marechal Hermes	0,35	63 mm	P1
Rua Martin Francisco	4	63 mm	P1
Rua Moema	0,35	40 mm	Polietileno
Rua Oswaldo Cruz	4	63 mm	Polietileno
Rua Padre Vieira	4	125 mm	Polietileno
Rua Pontal	0,35	40 mm	Polietileno
Rua Prudente de Morais	4	4”	Aço
Rua São Carlos	4	63 mm	Polietileno

Tabela 16 - Principais trechos de paralelismo da LT São Caetano do Sul – Sul com rede de gás (sem variante)

Logradouro	Pressão (bar)	Diâmetro	Material	Extensão do paralelismo (m)
Rua José Bonifácio	4	180 mm	Polietileno	200
Rua Venezuela	4	63 mm	Polietileno	180
Rua Alm. Tamandaré	4	63 mm	Polietileno	220
Rua Nazaret	17	10”	Aço	1.450
Rua Nazaret	4	125 mm	Polietileno	170
Rua Marechal Deodoro	4	63 mm	P1	60
Rua Marechal Deodoro	4	63 mm	Polietileno	250
Rua Marechal Deodoro	4	63 mm	Polietileno	50
Rua Oswaldo Cruz	4	63 mm	Polietileno	20
Rua Nilo Peçanha	4	63 mm	Polietileno	150
Rua Amazonas	4	63 mm	Polietileno	70
Rua Baraldi	4	125 mm	Polietileno	100
Rua Prof. Maria Macedo	17	10”	Aço	400

Em face dos números apresentados referentes ao paralelismo, chega-se à conclusão de que aproximadamente 25% do traçado concorre diretamente com a rede de gás.

Importa mencionar a presença de faixa de servidão de dutos pertencentes à Petrobras Transporte S.A. – Transpetro em alguns trechos do corredor. Um desses trechos em especial cruza o corredor transversalmente, não sendo possível o desvio pela LT. É

possível identificar marcos delimitadores de faixa, marcos identificadores de dutos e placas de sinalização, como a mostrada na Figura 33. O cruzamento com o corredor ocorre na região próxima ao limite municipal entre Santo André e São Caetano do Sul.



(Fonte: Google Street View, 2018)

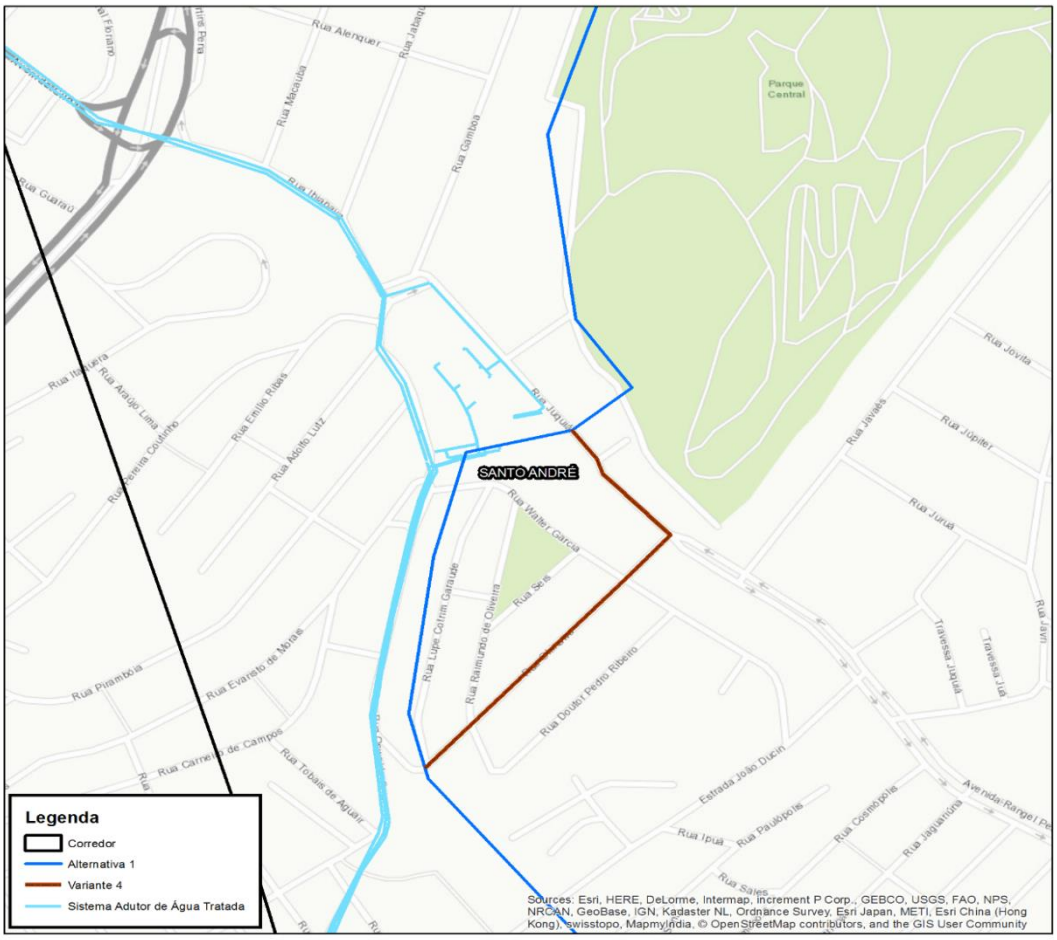
Figura 33 – Marco indicando a presença de dutos da Transpetro no traçado referencial da LT São Caetano do Sul – Sul

O sistema adutor de água tratada é interceptado em apenas dois pontos (Tabela 17).

Tabela 17 – Principais cruzamentos da LT São Caetano do Sul – Sul com adutoras

Cruzamento	Diâmetro	Material	Local
Adutora Haras – Vila Vitória	1050 mm	Aço	Av. Brasília
Adutora ETA Rio Grande – Haras Paraíso	900 mm	Aço	Semasa Paraíso

No primeiro caso o cruzamento é inevitável, visto que a adutora cruza transversalmente todo o corredor. No segundo caso, o traçado está próximo a uma unidade da Semasa-Paraíso (Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André), havendo muitas adutoras nas proximidades. Por isso foi traçada uma variante (Variante 4) que permite evitar concorrência excessiva com o sistema adutor (Figura 34). Essa variante passa pela rua Okinawa e em seguida pela rua Juquiá, para então se conectar ao traçado da Alternativa 1.



(Fontes: EPE, 2018; ESRI TopographicMap, 2018)

Figura 34 – Cruzamentos e trecho de paralelismo da LT São Caetano do Sul – Sul com adutoras

A única interferência com infraestrutura de transporte é o cruzamento da Av. Ramiro Colleoni, onde há duas faixas exclusivas de ônibus, uma em cada sentido da via.

O trânsito é uma das maiores dificuldades que serão enfrentadas na implantação da LT. Pelo fato de o traçado ter se balizado pela faixa de servidão da LT Sul – Wilson 5 e 6, em muitos trechos a LT não causará interferência longitudinal nas vias; ainda assim, os cruzamentos haverão de causar impactos no tráfego. Neste cenário, onde foi possível, buscou-se utilizar as vias com menor histórico de trânsito, de acordo com as informações do mapa de trânsito do Google Maps (nos horários de pico de segundas-feiras, às 8h, e sextas-feiras, às 18h), tanto no sentido bairro-Centro como no Centro-bairro (Tabela 18).

Tabela 18 – Trechos críticos de tráfego no trajeto da LT São Caetano do Sul – Sul

Município	Início	Fim	Extensão (m)	Sentido	Tráfego	Cenário
Santo André	Rua Venezuela, 427	Rua Venezuela, 545	300	Centro-bairro	Moderado	Sexta, 18h

Santo André	R. Almirante. Tamandaré, 461 - 389	R. Alm. Tamandaré, 295	220	Bairro-Centro	Moderado	Sexta, 18h
São Caetano	Rua Marechal Deodoro, 974	Rua Oswaldo Cruz	130	Ambos	Moderado	Segunda, 8h
São Caetano	Rua Nilo Peçanha	Rua Nilo Peçanha	150	Centro-bairro	Moderado	Diversos
São Caetano	Rua Amazonas, 451	Rua Amazonas, 363	250	Bairro-Centro	Lento	Sexta, 18h
São Caetano	Rua Baraldi, 1166	Rua Baraldi, 683	500	Centro-bairro	Moderado	Sexta, 18h
São Caetano	Rua Pernambuco, 473	Rua Pernambuco, 71	450	Centro-bairro	Moderado	Segunda, 8h
São Caetano	Rua Prof. Maria Macedo, 280	R. Prof. Maria Macedo, 100	350	Centro-bairro	Moderado	Segunda, 8h

(Fonte: Google Maps, dezembro de 2018)

Além das interferências longitudinais no tráfego das vias, salientam-se algumas vias importantes que sofrerão interferências transversais, podendo causar impacto no tráfego.

Tabela 19 – Trechos com tráfego crítico no trajeto da LT São Caetano do Sul – Sul

Município	Via cruzada	Via do traçado	Sentido	Tráfego	Cenário
Santo André	Av. Ramiro Colleoni	Rua Venezuela	Bairro-centro	Lento	Sexta, 18h
Santo André	Av. José Antônio de Almeida Amazonas	Faixa de servidão	Bairro-centro	Lento	Sexta, 18h
Santo André	Av. Prestes Maia	Faixa de servidão	Bairro-centro	Lento	Sexta, 18h
São Caetano	Av. Goiás	Rua Amazonas	Centro-bairro	Lento	Sexta, 18h

(Fonte: Google Maps, dezembro de 2018)

Como os dados contidos na ferramenta do Google Maps são fruto de estimativas e sofrem forte dinâmica, recomenda-se consultar dados e estudos do Departamento de Engenharia de Tráfego (DET), no caso de Santo André, e o órgão equivalente no município de São Caetano do Sul.

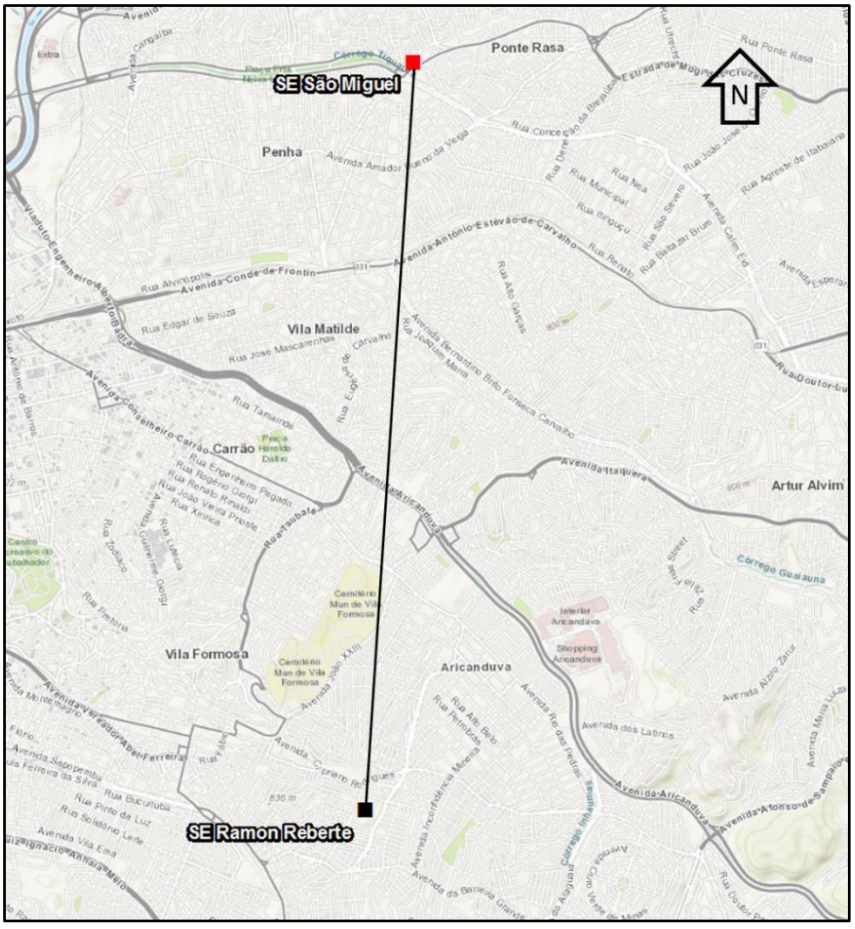
4.4. LT 345 kV São Miguel – Ramon Reberte

A conexão entre as SE São Miguel e Ramon Reberte se encontra em área urbana adensada e industrializada, compreendendo o município de São Paulo. A LT será em

circuito duplo (CD) subterrâneo com tensão de 345 kV, sendo que a distância aproximada entre as SEs é de 7 km em linha reta (Figura 35).

É importante enfatizar que há um Decreto Municipal (nº 54.004/2013) declarando o terreno previsto para a instalação da SE São Miguel como área de utilidade pública para a construção de um terminal de ônibus. Entretanto, a Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, após consulta à Prefeitura de São Paulo, informou, por email enviado à EPE, que a referida Declaração de Utilidade Pública (DUP) não foi ajuizada e, portanto, houve sua caducidade. Assim, frente ao exposto anteriormente, o terreno em questão permanece como alternativa locacional para a instalação da SE São Miguel.

Devido à complexidade para se fazer a conexão, por conta das características da área, foram propostas duas alternativas de traçado.

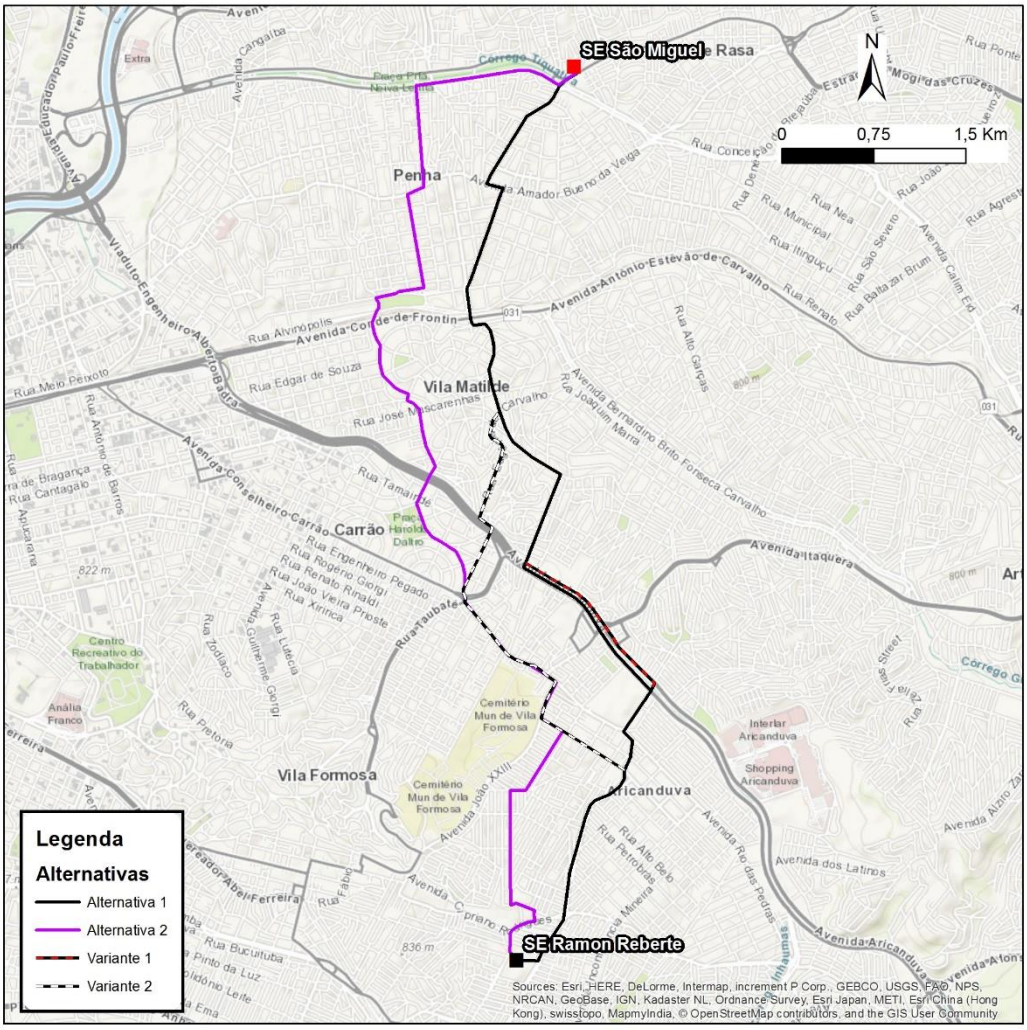


(Fonte: ESRI TopographicMap, 2018)

Figura 35 – Conexão esquemática SE São Miguel – SE Ramon Reberte

4.4.1. Alternativas Desenvolvidas

Foram propostas duas alternativas de caminhamento de LT subterrânea: Alternativas 1 e 2. (Figura 36).



(Fontes: EPE, 2018; ESRI TopographicMap, 2018)

Figura 36 – Alternativas de traçado estudadas para a LT São Miguel – Ramon Reberte

A **Alternativa 1** possui 9,1 km de extensão, utilizando-se, principalmente, de vias arteriais e coletoras. Partindo da SE Ramon Reberte, localizada no bairro Jardim Galli, distrito de Aricanduva, o traçado segue no sentido norte pela Av. Aguiar da Beira e Av. Vereador Emilio Meneghini por aproximadamente 2,1 km até encontrar a Av. Rio das Pedras. Nesse trecho o traçado acompanha uma ciclofaixa até o cruzamento com a rua Rêgo Barros.

Na Av. Rio das Pedras, o traçado intercepta um corredor exclusivo de ônibus (sentido duplo) e após percorrer cerca de 100 metros no sentido noroeste, deflete a norte pela Av. Mazzaropi por 380 metros até a Av. Aricanduva. A partir daí o traçado deve necessariamente cruzar o rio Aricanduva e tal travessia deve ser feita no local mais adequado. Portanto o traçado segue por 1.500 metros pela Av. Aricanduva, tendo as margens esquerda e direita do rio Aricanduva como possibilidades de caminhamento, de acordo com o ponto mais propício para o cruzamento do canal pela futura LT subterrânea. Ressalta-se a presença de corredor exclusivo de ônibus em ambos os sentidos dessa via.

Após cruzar o rio Aricanduva o traçado segue a norte por 780 metros pela Av. Dalila para então defletir a noroeste pela Av. Waldemar Carlos Pereira. Na sequência, segue por cerca de 530 metros pela Av. Waldemar Carlos Pereira e em seguida por mais 950 metros pela Rua Dona Matilde até a confluência com a Rua Joaquim Marra. Ao alcançar a Rua Joaquim Marra o traçado chega a outro ponto relevante, quando deverá cruzar a Av. Radial Leste (e corredores exclusivos de ônibus), a Linha 3 – Vermelha do Metrô de São Paulo e a Linha 11 – Coral da CPTM.

Na sequência, o traçado segue pela Rua Maria Carlota por 190 metros e, após, no sentido norte pela Av. Padres Olivetanos por 880 metros. Após defletir a oeste o traçado segue por 140 metros pela Av. Amador Bueno da Veiga até a Av. São Miguel, onde há um corredor exclusivo de ônibus que poderá sofrer interferência das obras. O traçado segue pela Av. São Miguel por 1,2 km até o local planejado para implantação da SE São Miguel, cruzando no trajeto a Av. Dom Hélder Câmara e o córrego Tiquatira.

Devido à dificuldade de se estabelecer um local exato para o cruzamento do rio Aricanduva, a **Variante 1** foi elaborada permitindo que qualquer dos dois sentidos da Av. Aricanduva seja utilizado para implantação da futura LT subterrânea. Além disso um dos sentidos da via possui rede de gás subterrânea de alta pressão. Por sua vez a **Variante 2** utiliza-se de vias menores com o objetivo principal de evitar interferência na Av. Aricanduva, que por ser uma via arterial possui maior intensidade de tráfego (Figura 37).



(Fontes: EPE, 2018; ESRI TopographicMap, 2018)

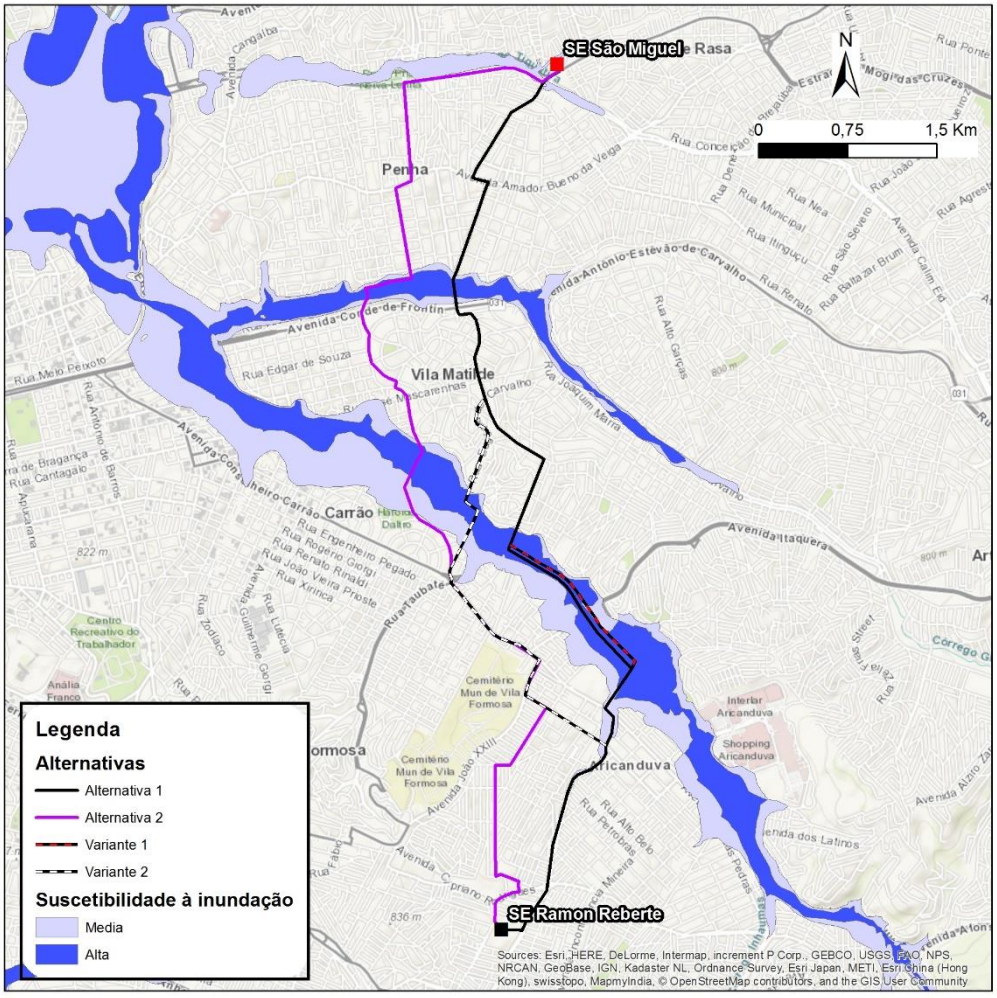
Figura 37 – Variantes 1 e 2 da Alternativa 1 de traçado da LT São Miguel – Ramon Reberte

De acordo com informações do mapeamento disponibilizado pela Companhia de Gás de São Paulo (Comgás), há diversos cruzamentos e trechos de paralelismo, o principal deles ao longo da Av. Aricanduva. Em contrapartida, em muitas vias não há presença da tubulação.

Com relação ao sistema de abastecimento de água, de acordo com as informações disponibilizadas pela Sabesp, não há incidência expressiva de tubulações de maior diâmetro integrantes do sistema adutor de água tratada. Certamente haverá diversos cruzamentos e/ou trechos de paralelismo com a tubulação de distribuição de menor diâmetro, devido a sua quase onipresença nas vias; porém, em virtude da complexidade das obras, a tubulação de maior diâmetro é a mais relevante. Não foram disponibilizadas informações referentes ao sistema de esgotamento sanitário. A esse respeito, a LT poderá concorrer ou atravessar grandes tubulações nas áreas adjacentes a córregos e rios.

A **Alternativa 1** intercepta duas áreas com alta suscetibilidade a inundação, uma às margens do rio Aricanduva e outra ao longo da rua Alvinópolis, conforme observado

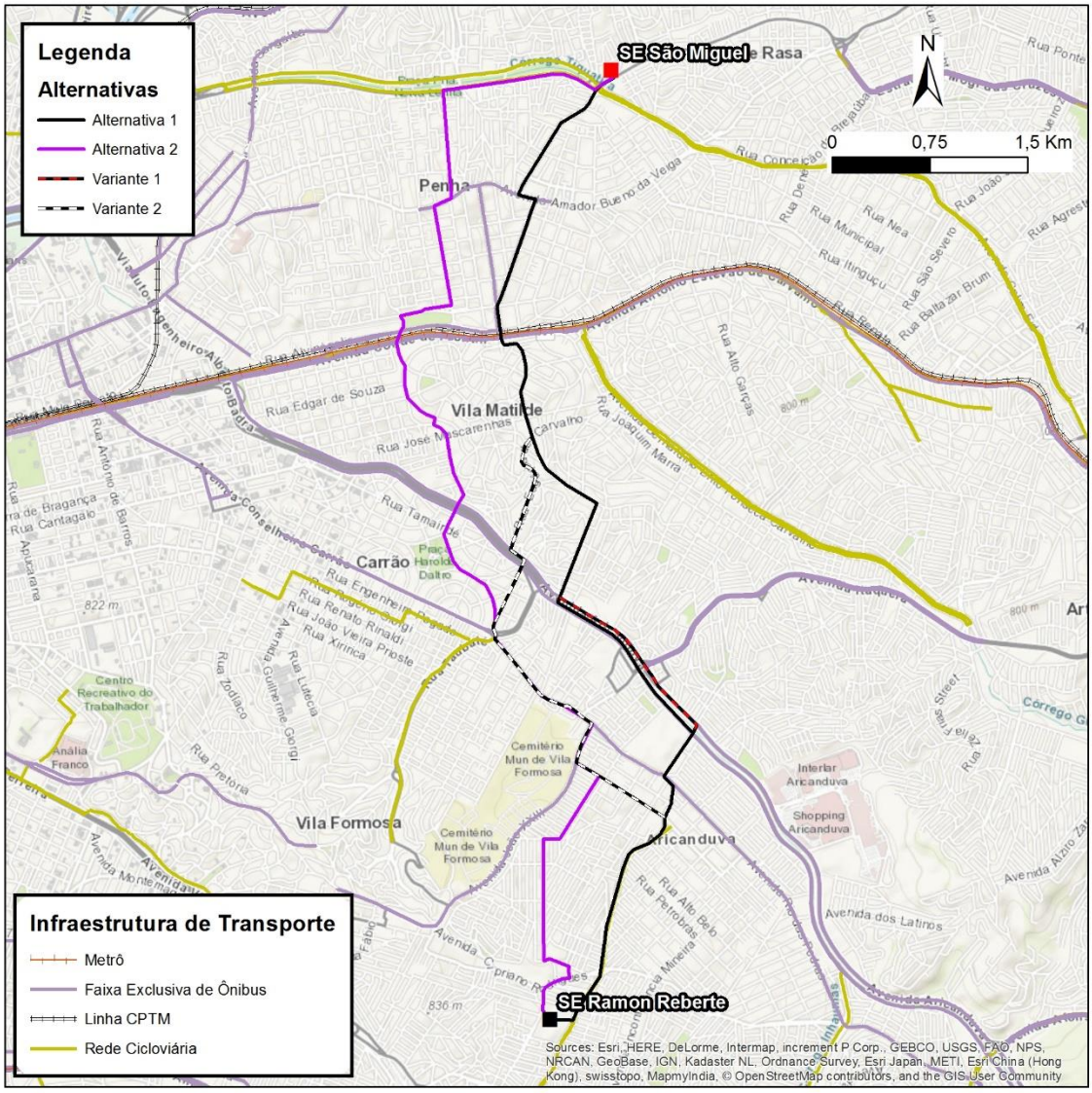
no mapa de risco elaborado pela CPRM (2012). É importante ressaltar que não há como evitar essas áreas pela inviabilidade de se realizarem os desvios necessários (Figura 38).



(Fontes: CPRM, 2012; ESRI TopographicMap, 2018)

Figura 38 - Áreas suscetíveis a inundação no trajeto da LT São Miguel – Ramon Reberte

No tocante às interferências com infraestruturas de transporte, foi observado cruzamento com a Linha 3 – Vermelha do Metrô de São Paulo, que opera na superfície. Adjacente à a linha do metrô se encontra a Linha 11 – Coral da CPTM, que também será cruzada. Em relação à rede cicloviária há dois cruzamentos (um na Av. Radial Leste e um na Av. Dom Hélder Câmara) e um paralelismo (1,8 km ao longo da Av. Aguiar da Beira). Há também diversos cruzamentos e trechos de paralelismo com faixas exclusivas de ônibus, que poderão ser afetadas pelas obras de implantação da LT. Dentre eles ressalta-se o cruzamento na Av. Rio das Pedras, devido à proximidade com o Terminal Vila Carrão, o paralelismo por 1,5 km na Av. Aricanduva e o cruzamento da Av. Radial Leste (Figura 39).



(Fontes: CPRM, 2014; CPRM, 2018; IBGE, 2016)

Figura 39 – Alternativas de traçado da LT São Miguel – Ramon Reberte e infraestrutura de transporte

De acordo com as bases consultadas, há sete unidades educacionais nas vias utilizadas pelo traçado, e nenhuma unidade de saúde, instalações do Corpo de Bombeiros ou sítios arqueológicos.

A **Alternativa 2** possui 10,5 km de extensão e utiliza-se majoritariamente de vias locais e coletoras. Esta alternativa possui um trecho em comum à **Variante 1,** totalizando 1.600 metros de extensão. Partindo da SE Ramon Reberte, o traçado segue a norte pela rua Manoel Ferreira Pires e logo em seguida pela Av. Cipriano Rodrigues, por 240 metros. O traçado utiliza a rua Cândido Rodrigues para acessar a rua Floriza e segue nela por 220 metros até defletir a norte na Av. Escragnolle Dória, seguindo nessa por 940 metros. Em seguida o traçado deflete a leste na Av. Carneiro Ribeiro para então seguir a nordeste pela rua Lindolfo Collor por 560 metros. Após defletir a noroeste na rua Rêgo Barros o traçado segue a norte pela Av. João XXIII por 320 metros. Ao defletir

a noroeste, segue pela Av. Dezenove de Janeiro, onde há um terminal de ônibus (Terminal Vila Carrão), e segue nela por cerca de 1.000 metros. O traçado então cruza a Praça Aurélio Lombardi e segue pela rua São Valentim por quase 600 metros até defletir a norte na Praça Haroldo Daltro. Na sequência, segue pela rua Tumucumaque e cruza a Av. Aricanduva e o respectivo canal (rio Aricanduva) utilizando a rua Sebastião de Andrade para acessar, a noroeste, a rua Teodoro Mascarenhas. Em seguida o traçado segue pela rua Cel. Pedro Dias de Campos, deflete a norte na rua José Mendes Júnior e em seguida, a noroeste, na rua Vinte e Nove de Outubro.

Após 300 metros, volta a percorrer a rua Cel. Pedro Dias de Campos por 250 metros. O traçado então alcança a Av. Melchert, a partir de onde cruza a Av. Radial Leste, a Linha 3 – Vermelha do Metrô de São Paulo, a Linha 11 – Coral da CPTM e rua Alvinópolis. Após a travessia, segue pela rua Mirandinha e em seguida deflete a leste na rua Demini, seguindo nela por 400 metros até defletir a norte na rua Leopoldo de Freitas. Após 770 metros o traçado deflete a leste na Av. Amador Bueno da Veiga e em seguida novamente a norte na rua Mercedes Lopes, percorrendo 820 metros. Em seguida, deflete a leste e segue na Av. Governador Carvalho Pinto por 1,2 km, para então acessar a Av. São Miguel e alcançar a SE São Miguel.

De acordo com informações do mapeamento disponibilizado pela Companhia de Gás de São Paulo (Comgás), há diversos cruzamentos e trechos de paralelismo com a rede de gás, destacando-se o cruzamento da Av. Aricanduva, onde há uma tubulação de alta pressão, devidamente identificada ao longo da via. Em contrapartida, em muitas vias não há presença da tubulação.

Com relação ao sistema de abastecimento de água, de acordo com as informações disponibilizadas pela Sabesp, não há no trajeto dessa alternativa incidência expressiva de tubulações de maior diâmetro integrantes do sistema adutor de água tratada. Certamente haverá diversos cruzamentos e/ou trechos de paralelismo com a tubulação de distribuição de menor diâmetro devido a sua quase onipresença nas vias; porém, em virtude da complexidade das obras, a tubulação de maior diâmetro é a mais relevante. Não foram disponibilizadas informações referentes ao sistema de esgotamento sanitário. A esse respeito, poderá haver cruzamento com grandes tubulações nas áreas adjacentes a córregos e rios.

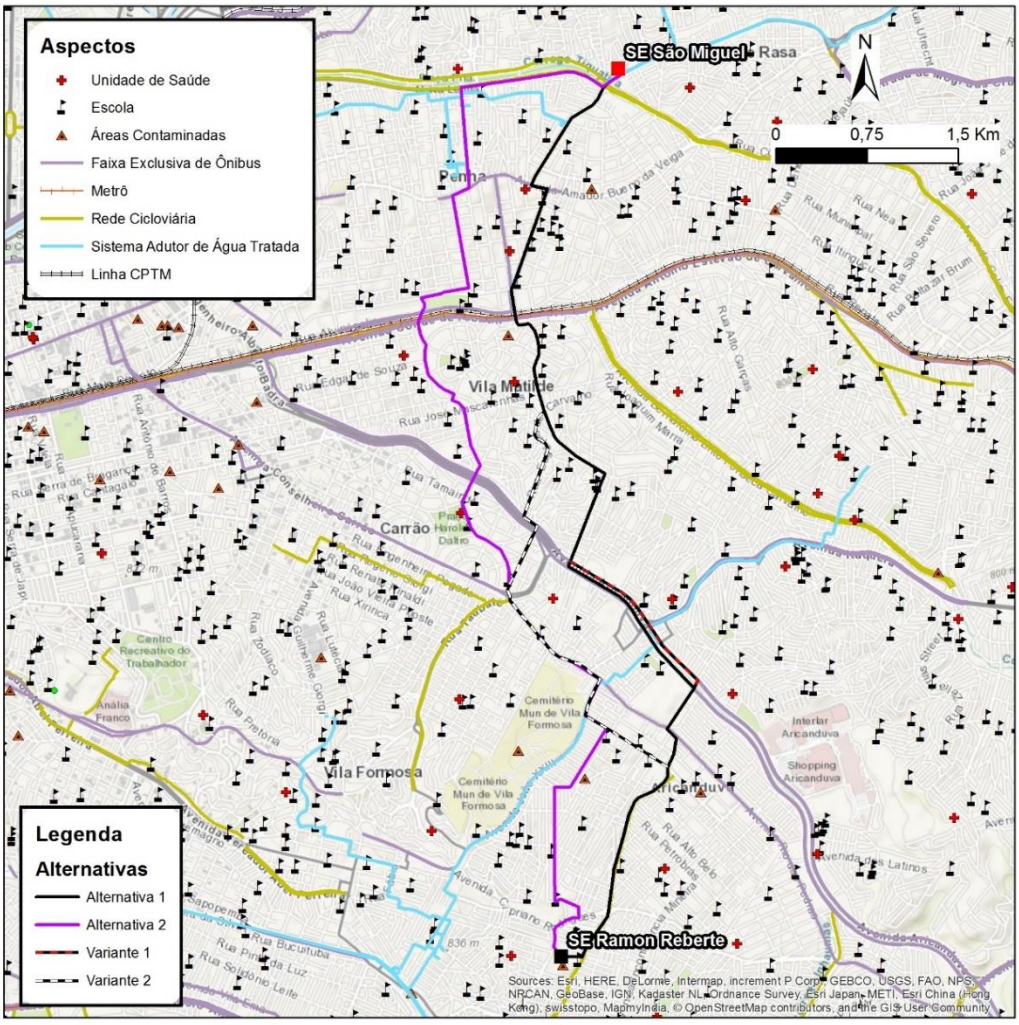
A **Alternativa 2** intercepta as mesmas áreas inundáveis da **Alternativa 1**, porém em pontos distintos, conforme observado no mapa de risco elaborado pela CPRM (2012). É importante ressaltar que não há como evitar essas áreas pela inviabilidade de se realizarem os desvios necessários (Figura 38).

No tocante às interferências com infraestruturas de transporte, foi observado cruzamento com a Linha 3 – Vermelha do Metrô de São Paulo, que opera na superfície.

Adjacente à linha do metrô se encontra a Linha 11 – Coral da CPTM, que também será cruzada. Em relação à rede cicloviária há dois cruzamentos (um na Av. Radial Leste e um na Av. Dom Hélder Câmara) e um paralelismo (1,2 km ao longo da Av. Governador Carvalho Pinto). Há também diversas interferências em faixas exclusivas de ônibus, entre paralelismos e cruzamentos. Dentre eles ressalta-se o paralelismo na Av. Rio das Pedras, devido à proximidade com o Terminal Vila Carrão, o cruzamento da Av. Aricanduva e o cruzamento da Av. Radial Leste (Figura 39).

Nas bases consultadas há registro de cinco unidades educacionais e uma unidade de saúde (a Unidade Básica de Saúde Vila Nova Manchester, na Praça Haroldo Daltro) nas vias ao longo do traçado. Não há registro de instalações do Corpo de Bombeiros ou de sítios arqueológicos.

A Figura 40 ilustra os aspectos analisados para o desenvolvimento de ambas as alternativas.



(Fontes: EPE, 2018; ESRI TopographicMap, 2018; Sabesp 2018; Geosampa, 2018)

Figura 40 – Alternativas de traçado estudadas para a LT São Miguel – Ramon Reberte e aspectos analisados

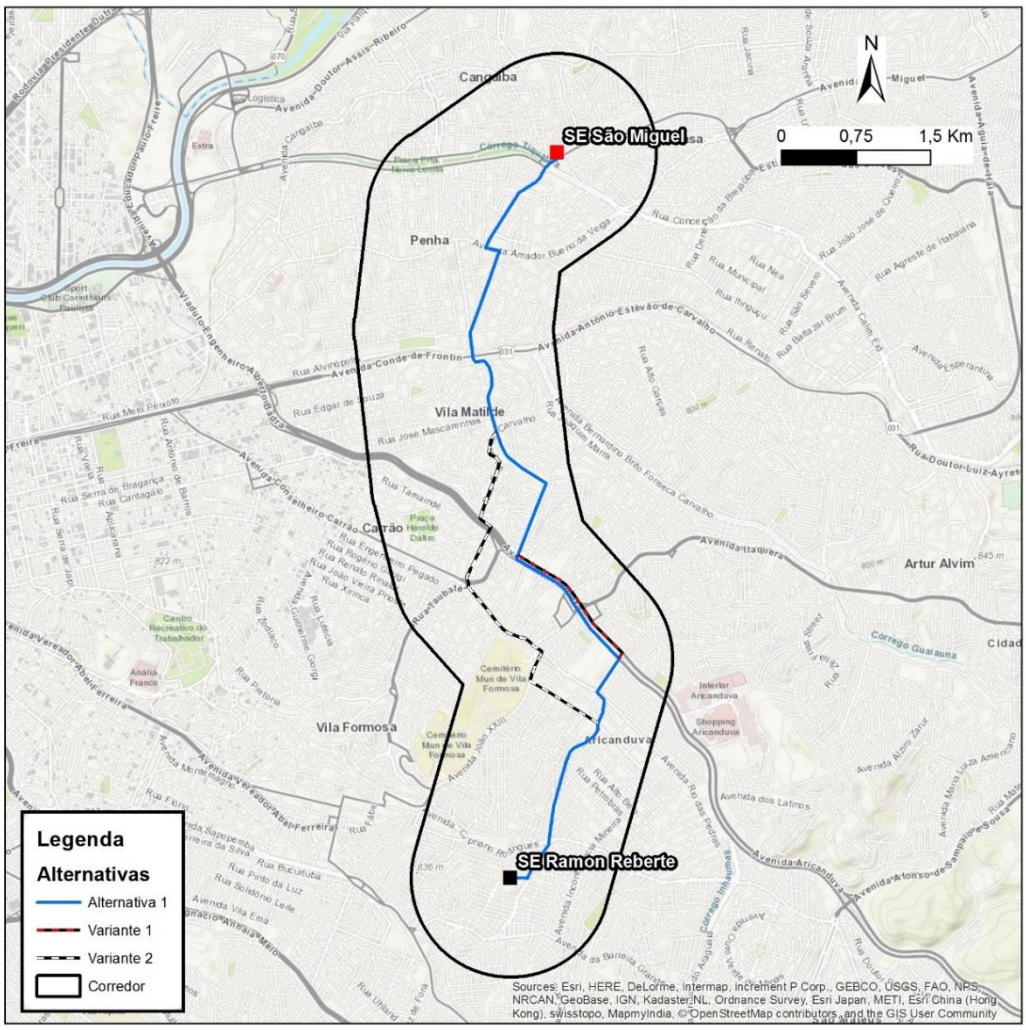
4.4.2. Escolha da Alternativa Referencial de Traçado

A seleção da melhor alternativa para a implantação de uma linha subterrânea deve considerar como aspectos de maior relevância, sem prejuízo dos demais, os impactos relacionados ao trânsito da cidade e à quantidade e formas de concorrência com tubulações de gás, água e esgoto.

Nesse sentido, a mais promissora corresponde à Alternativa 1, considerando a menor extensão do traçado e os impactos no trânsito, que poderão ser amenizados utilizando as **Variantes 1 e 2**. Cabe destacar ainda que, a partir do refinamento e complementação das informações em levantamentos e estudos posteriores, o conjunto de alternativas sugeridas pode admitir outras proposições.

4.4.3. Corredor e traçado referencial da LT São Miguel – Ramon Reberte

O corredor selecionado foi elaborado com 2 km de largura e seu eixo possui aproximadamente 8,2 km de extensão. A largura do corredor foi baseada na disposição espacial das duas alternativas de traçado. (Figura 41).



(Fontes: EPE, 2018; ESRI TopographicMap, 2018)

Figura 41 - Corredor SE São Miguel – SE Ramon Reberte

O corredor localiza-se integralmente no município de São Paulo. As coordenadas das SEs são apresentadas na Tabela 20.

Tabela 20 – Coordenadas das subestações da LT São Miguel – Ramon Reberte

Subestação	Status	Coordenadas		Município	Estado
		Latitude	Longitude		
São Miguel	Planejada	23°30'49.33"S	46°31'8.22"O	São Paulo	SP
Ramon Reberte	Existente	23°34'46.67"S	46°31'27.54"O		

As vias urbanas por onde passa o traçado referencial da LT variam de uma a três faixas de rolamento (em cada sentido), compreendendo ruas e avenidas. A Tabela 21 detalha o itinerário do traçado principal (e da variante), bem como a extensão em cada logradouro.

Tabela 21 – Itinerário do traçado da LT São Miguel – Ramon Reberte

Traçado Principal		Traçado com Variante	
Logradouro	Extensão (m)	Logradouro	Extensão (m)
Av. Aguiar da Beira	1650	Av. Aguiar da Beira	1.650
Av. Vereador Emilio Meneghini	450	Av. Vereador Emilio Meneghini	250
Av. Rio das Pedras	100	Rua Rêgo Barros	800
Av. Mazzaropi	380	Av. João XXIII	315
Av. Aricanduva	1.500	Av. Dezenove de Janeiro	1.010
Av. Dalila	780	Praça Aurélio Lombardi	100
Av. Waldemar Carlos Pereira	530	Rua Manilha	550
Rua Dona Matilde	950	Praça Adelmar Tavares	150
Rua Maria Carlota	190	Rua Eugênia de Carvalho	980
Av. Padres Olivetanos	880	Rua Dona Matilde	750
Av. Amador Bueno da Veiga	140	Rua Maria Carlota	190
Av. São Miguel	2.100	Av. Padres Olivetanos	880
		Av. Amador Bueno da Veiga	140
		Av. São Miguel	2.100

As Figuras a seguir exemplificam os aspectos de algumas vias e trechos que compõem o traçado.



(Fonte: Google Street View, 2017)

Figura 42 – Saída da SE Ramon Reberte na Av. Aguiar da Beira



(Fonte: Google Street View, 2015)

Figura 43 – Av. Aricanduva e rio Aricanduva



(Fonte: Google Street View, 2015)

Figura 44 – Trecho da LT São Miguel – Ramon Reberte em ponte sobre o rio Aricanduva



(Fonte: Google Street View, 2017)

Figura 45 – Cruzamento da LT São Miguel – Ramon Reberte com a Av. Radial Leste, Linha 3 (Metrô) e Linha 11 (CPTM)

Os cruzamentos e trechos de parelelismo com a rede de gás são elencadas nas Tabelas a seguir:

Tabela 22 - Principais cruzamentos da LT São Miguel – Ramon Reberte com a rede de gás (sem variante)

Cruzamentos	Pressão (bar)	Diâmetro	Material
Av. Eng. Guilherme Cristiano Frender	4	125 mm	Polietileno
Av. Aricanduva	17	20”	Aço
Av. Marcondes de Brito	4	63 mm	Polietileno
Rua Antônio de Souza Campos	4	63 mm	Polietileno
Rua Toutinegra	4	63 mm	Polietileno

Tabela 23 – Principais trechos de paralelismo da LT São Miguel – Ramon Reberte com a rede de gás (sem variante)

Paralelismo	Pressão (bar)	Diâmetro	Material	Extensão (m)
Av. Aricanduva	17	20”	Aço	1.500
Rua Dona Matilde	4	125 mm	Polietileno	130
Rua Dona Matilde	4	125 mm	Polietileno	76
Rua Joaquim Marra	4	125 mm	Polietileno	100
Rua Padres Olivetanos	4	180 mm	Polietileno	400

Em face dos números apresentados referentes ao paralelismo, chega-se à conclusão de que aproximadamente 24% do traçado concorre diretamente com a rede de gás.

O sistema adutor de água tratada é interceptado em apenas dois pontos (Tabela 24).

Tabela 24 – Principais cruzamentos da LT São Miguel – Ramon Reberte com adutoras

Cruzamento	Diâmetro	Material	Local
Adutora Alça Leste - Rio Tietê – S. Miguel	1.500 mm	Aço	Av. São Miguel
Adutora Arthur Alvim – Vila Formosa	1.500 mm	Aço	Rua Dorival Lourenço da Silva

No caso da Adutora Alça Leste – Rio Tietê – São Miguel, há paralelismo com a LT nos últimos 600 metros do traçado da linha, antes do local planejado para implantação da SE São Miguel. O cruzamento com essa adutora é inevitável, e provavelmente ocorrerá na altura da unidade Booster Cangaíba da Sabesp, localizada na Av. São Miguel, ou na chegada à SE, também nessa avenida. No caso da adutora Arthur Alvim – Vila Formosa, também não é possível evitar o cruzamento, pois o desvio seria muito extenso. Ressalta-se que as **Variantes 1 e 2** também interferem com essa adutora (Figura 46).

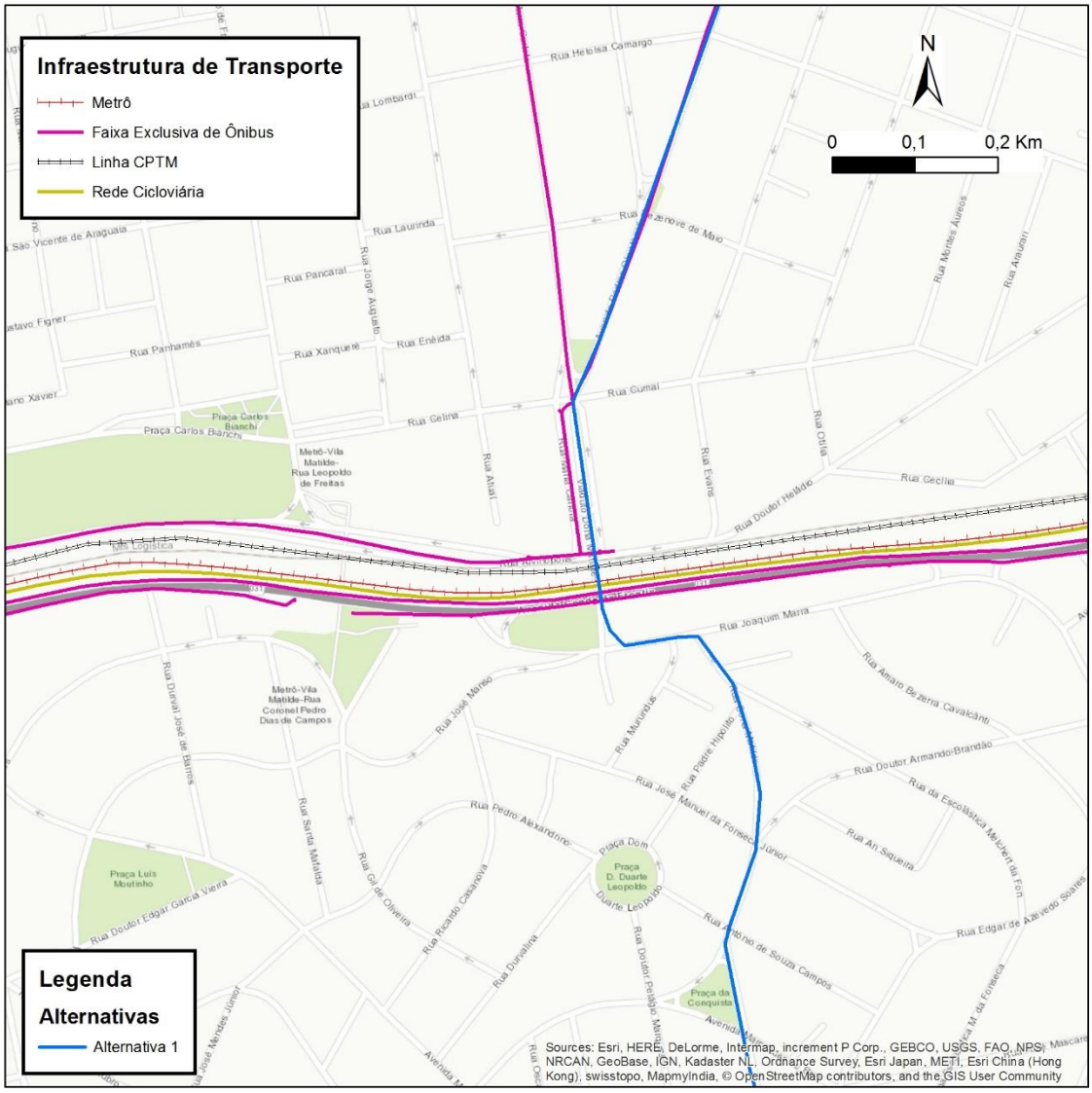
A LT deverá ser posicionada num trajeto e numa profundidade tal que não haja interferência com tubulações de gás, água tratada, águas pluviais, esgoto e demais redes de utilidades. Eventuais interferências deverão ser objeto de gestão da concessionária da LT com a concessionária ou permissionária detentora da rede em questão.



(Fontes: EPE, 2018; ESRI TopographicMap, 2018; Sabesp, 2018)

Figura 46 – Detalhe de cruzamento da LT São Miguel – Ramon Reberte com adutora

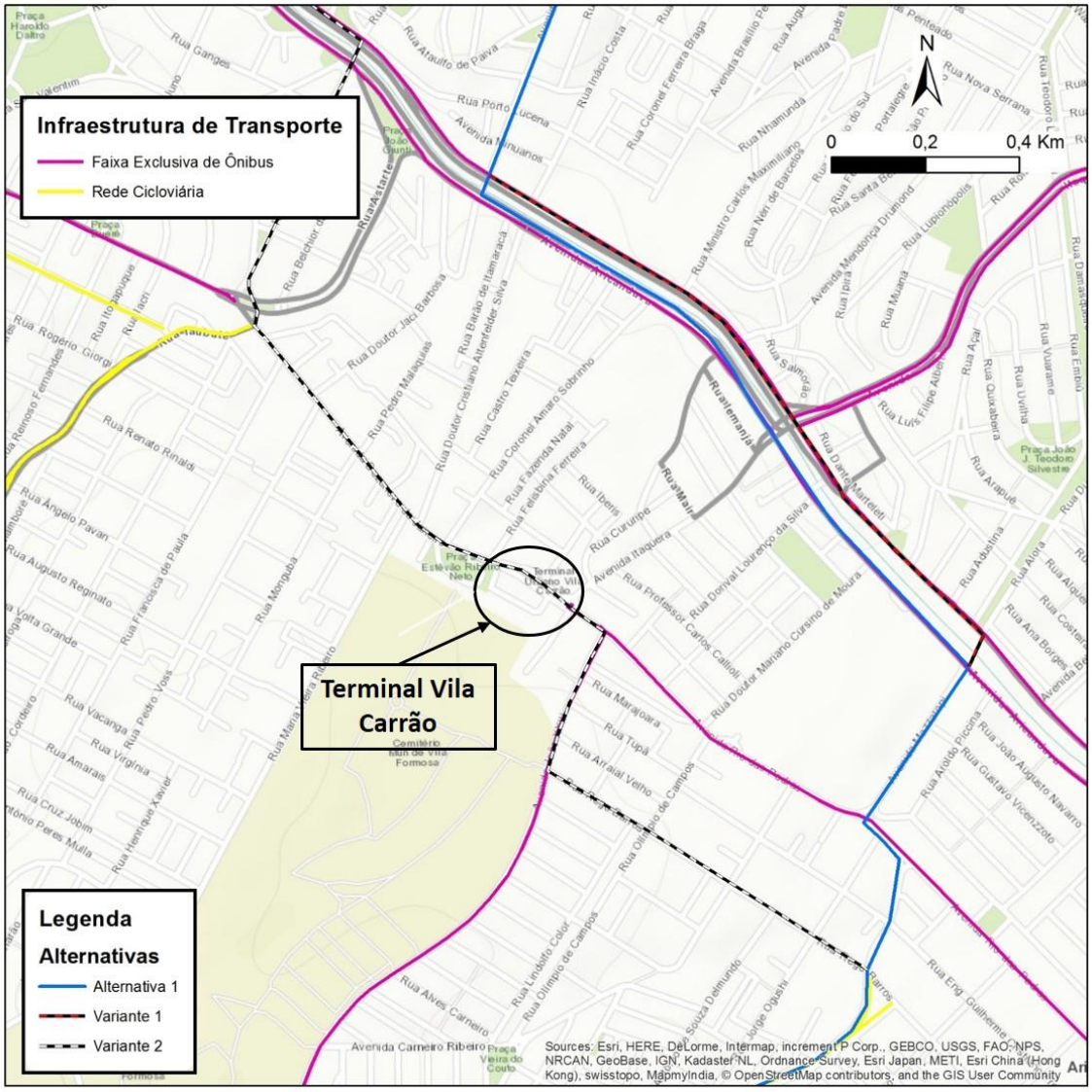
No tocante às interferências com infraestruturas de transporte, o cruzamento da Av. Radial Leste se mostra o ponto mais delicado, já que há cruzamentos do traçado da LT com a Linha 3 – Vermelha do Metrô de São Paulo, que opera na superfície, Linha 11 – Coral da CPTM, trecho de ciclofaixa e faixa exclusiva de ônibus (Figura 47).



(Fontes: EPE, 2018; ESRI TopographicMap, 2018; Geosampa, 2018)

Figura 47 – Interferência da LT São Miguel – Ramon Reberte com infraestrutura de transporte

Outro ponto a se ressaltar é o paralelismo com faixa exclusiva de ônibus ao longo da Av. Aricanduva, sendo que a **Variante 1** também tem o mesmo tipo de interferência. Por sua vez, a **Variante 2** evita a Av. Aricanduva, contudo interfere com outra faixa exclusiva de ônibus na Av. Rio das Pedras e com o acesso ao Terminal Vila Carrão (Figura 48 e Figura 49).



(Fontes: EPE, 2018; ESRI TopographicMap, 2018; Geosampa, 2018)

Figura 48 – Interferência da LT São Miguel – Ramon Reberte com infraestrutura de transporte



(Fonte: Google Street View, 2017)

Figura 49 – Interferência da LT São Miguel – Ramon Reberte em faixa exclusiva de ônibus e no Terminal Vila Carrão

O trânsito é uma das grandes dificuldades que serão enfrentadas na implantação da LT, já que o traçado terá de cruzar grandes vias arteriais, como a Av. Aricanduva, Av. Radial Leste, Av. Governador Carvalho Pinto, entre outras. Neste cenário, onde foi possível, buscou-se utilizar as vias com menor histórico de trânsito, de acordo com as informações do mapa de trânsito do Google Maps (nos horários de pico das segundas-feiras, às 8h; e sextas-feiras, às 18h), tanto no sentido bairro-Centro como no Centro-bairro (Tabela 25).

Tabela 25 – Trechos críticos de tráfego no trajeto da LT São Miguel – Ramon Reberte

Município	Início	Fim	Extensão (m)	Sentido	Tráfego	Cenário
São Paulo	Av. Aricanduva	Av. Aricanduva	1.500	Centro-bairro	Moderado/lento	Sexta, 18h
São Paulo	Av. Waldemar Carlos Pereira, 520	Rua Dona Matilde, 430	1.100	Ambos	Moderado/lento	Sexta, 18h
São Paulo	Av. São Miguel, 970	Av. São Miguel (SE São Miguel)	200	Ambos	Moderado	Sexta, 18h

(Fonte: Google Maps, abril de 2019)

Além das interferências longitudinais no tráfego das vias, salientam-se algumas vias importantes que sofrerão interferências transversais, podendo haver impacto no tráfego (Tabela 26).

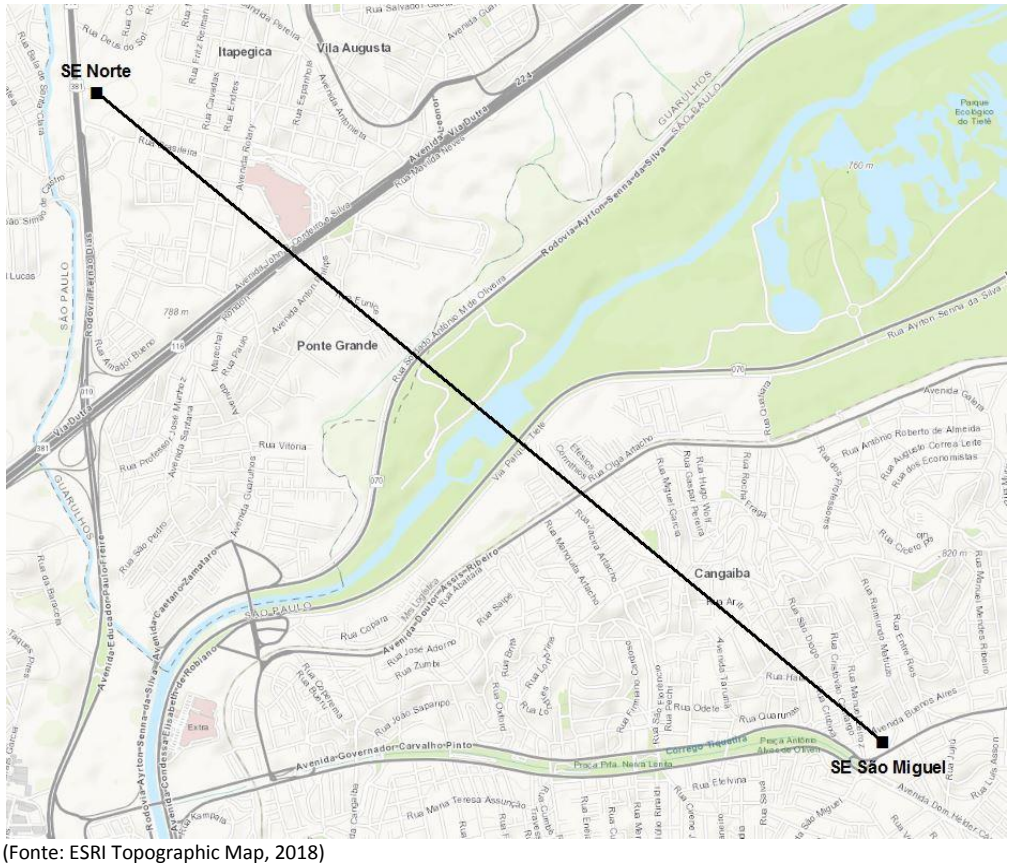
Tabela 26 – Vias cruzadas pelo traçado da LT São Miguel – Ramon Reberte

Município	Via cruzada	Via do traçado	Sentido	Tráfego	Cenário
S. Paulo	Av. Cipriano Rodrigues	Av. Aguiar da Beira	Ambos	Moderado	Sexta, 18h
S. Paulo	Av. Radial Leste	Não se aplica	Centro-bairro	Lento	Sexta, 18h
S. Paulo	Av. Gov. Carvalho Pinto	Av. São Miguel	Ambos	Moderado	Sexta, 18h

Como os dados contidos na ferramenta do Google Maps são fruto de estimativas e sofrem forte dinâmica, recomenda-se consultar dados e estudos da Companhia de Engenharia de Trafego de São Paulo (CET).

4.5. LT 345 kV Norte – São Miguel

A conexão entre as SE Norte e SE São Miguel se encontra em área urbana muito adensada e industrializada, compreendendo parte do município de Guarulhos, nos distritos de Itapegica e Ponte Grande (entre as Rodovias Fernão Dias e Presidente Dutra) e, principalmente, os distritos da Penha, Cangaíba e Ponte Rasa, em São Paulo. A LT será em circuito duplo de 345 kV, sendo que a distância em linha reta entre as SEs é de aproximadamente 5,3 Km. ((Fonte: ESRI Topographic Map, 2018)
Figura 50).



(Fonte: ESRI Topographic Map, 2018)

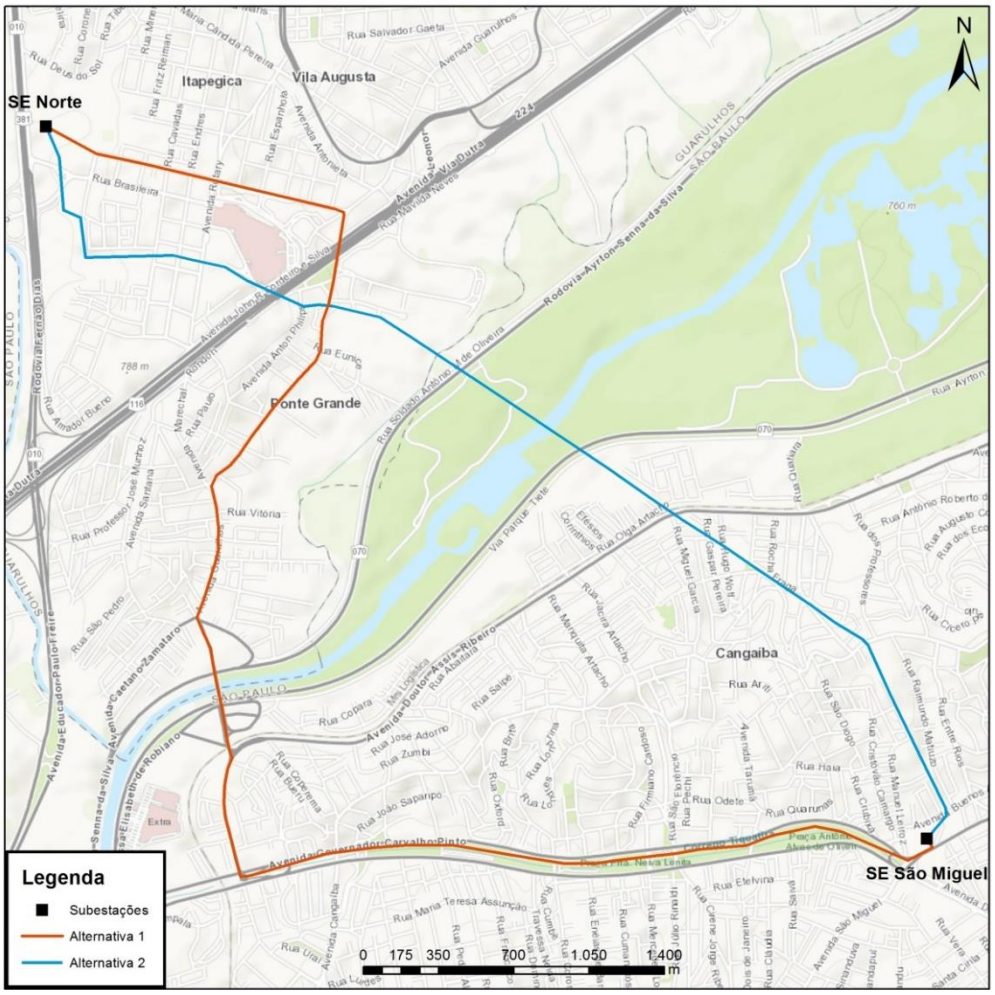
Figura 50 - Conexão esquemática SE Norte – SE São Miguel

Mais uma vez, é importante enfatizar que há um Decreto Municipal (nº 54,004/2013) declarando o terreno previsto para a instalação da SE São Miguel como área de utilidade pública para a construção de um terminal de ônibus. Entretanto, a Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, após consulta à Prefeitura de São Paulo, informou que a referida Declaração de Utilidade Pública (DUP) não foi ajuizada e, portanto, houve sua caducidade. Assim, como exposto anteriormente, o terreno em questão permanece como alternativa locacional para a instalação da SE São Miguel.

Devido à complexidade para se fazer a conexão, por conta das características da área, foram estudadas duas alternativas de traçado.

4.5.1. Alternativas Desenvolvidas

Foram propostas duas alternativas de caminhamento de LT subterrânea: Alternativas 1 e 2 (Figura 51).



(Fontes: EPE, 2018; ESRI Topographic Map, 2018)

Figura 51 – Alternativas de traçado estudadas para a LT Norte – São Miguel

A **Alternativa 1** possui aproximadamente 8,1 km de extensão e utiliza, principalmente, vias coletoras. Saindo da SE Norte, o traçado desta alternativa se inicia na Avenida Carlos Ferreira Endres, continuando por toda a extensão da Avenida Guarulhos (passando sob a Rodovia Presidente Dutra, sem interferir diretamente na mesma), até o Viaduto Imigrante Nordestino sobre o rio Tietê, no limite entre os municípios de Guarulhos e São Paulo. Em território paulistano, após passar por sob o pontilhão da Linha 12 Safira da CPTM, o traçado percorre toda a extensão da Avenida Gabriela Mistral até chegar à Avenida Governador Carvalho Pinto, onde há grande canteiro central com a presença do córrego Tiquatira. O restante do traçado se faz por esta via, até o seu cruzamento com a Avenida São Miguel, onde está localizado o terreno indicado para a implantação da SE São Miguel.

De modo geral, esta alternativa possui um percurso moderadamente sinuoso, passando por avenidas importantes em ambos os municípios. O mapa de trânsito típico do Google Maps demonstra que o fluxo é rápido em boa parte do traçado durante a hora do rush matutino. Em contrapartida, durante o vespertino, o fluxo é predominantemente intenso, principalmente nas imediações do viaduto Imigrante Nordestino.

De acordo com informações do mapeamento disponibilizado pela Companhia de Gás de São Paulo (Comgás), há alguns cruzamentos e trechos de paralelismo com a rede de gás, principalmente no trecho localizado no município de Guarulhos. Já no município de São Paulo, praticamente não há interferências.

Com relação ao sistema de abastecimento de água, de acordo com as informações disponibilizadas pela Sabesp, pode haver coexistência da LT com tubulações de maior diâmetro integrantes do sistema adutor de água tratada em dois locais: a primeira, no cruzamento das Avenidas Gabriela Mistral com a São Miguel, e a segunda, na região do terreno da SE São Miguel (na Av. São Miguel). Certamente haverá outras muitos cruzamentos e/ou trechos de paralelismo na tubulação de distribuição de menor diâmetro devido a sua quase onipresença nas vias; porém, em virtude da complexidade das obras, a tubulação de maior diâmetro é a mais relevante. Não foram disponibilizadas informações referentes ao sistema de esgotamento sanitário. A esse respeito, conforme mencionado, poderá haver cruzamentos e/ou trechos de paralelismo da LT com grandes tubulações nas áreas adjacentes a córregos e rios.

A Alternativa 1 intercepta algumas áreas inundáveis, notadamente no trecho paulistano, conforme observado em imagens de satélite e no mapa de risco elaborado pela CPRM (2012). É importante ressaltar que não há como evitar tais áreas, pois não há como ligar as duas subestações sem a travessia do rio Tietê, ao longo do qual concentram-se as áreas inundáveis.

No tocante às infraestruturas de transporte, há faixa cicloviária em toda a extensão da Avenida Governador Carvalho Pinto, na qual passa o traçado, e cruzamentos com faixa exclusiva de ônibus. Não há linhas de metrô ou corredores expressos de ônibus no trajeto desta alternativa. Como mencionado anteriormente, o cruzamento com a Linha 12 Safira da CPTM é por sob o viaduto da mesma, não havendo interferência direta na via férrea.

Por se tratar de área com forte presença industrial, empresas de logística e postos de combustível, há sempre o risco da presença de áreas contaminadas. De acordo com a relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo, organizada pela Cetesb, existem sete áreas contaminadas em estabelecimentos instalados nas vias percorridas por esta alternativa (duas em processo de remediação, uma em processo de reutilização, duas em processo de monitoramento para encerramento, uma contaminada com risco confirmado e uma reabilitada para uso declarado).

Há uma unidade básica de saúde (na Avenida Gabriela Mistral) e duas unidades educacionais (escola particular de educação infantil na Avenida Carlos Ferreira Endres e um centro de educação infantil na Avenida Gabriela Mistral) nas vias ao longo do traçado. Nas bases de dados do Iphan e da Prefeitura de São Paulo consultadas, não há registro de sítios arqueológicos ou bens tombados nas proximidades.

A **Alternativa 2,** que possui 5,7 km de extensão, utiliza-se, em praticamente toda sua extensão, das faixas de servidão da LTA Leste-Norte 1-2 (88/138 kV). Devido a esta condição, as interferências com infraestrutura subterrânea serão apenas as do tipo cruzamento, pois em nenhum trecho haverá a utilização das vias como traçado, ocorrendo apenas travessias de alguns logradouros (Tabela 27).

Tabela 27 – Travessias da Alternativa 2 de traçado da LT Norte – São Miguel com logradouros

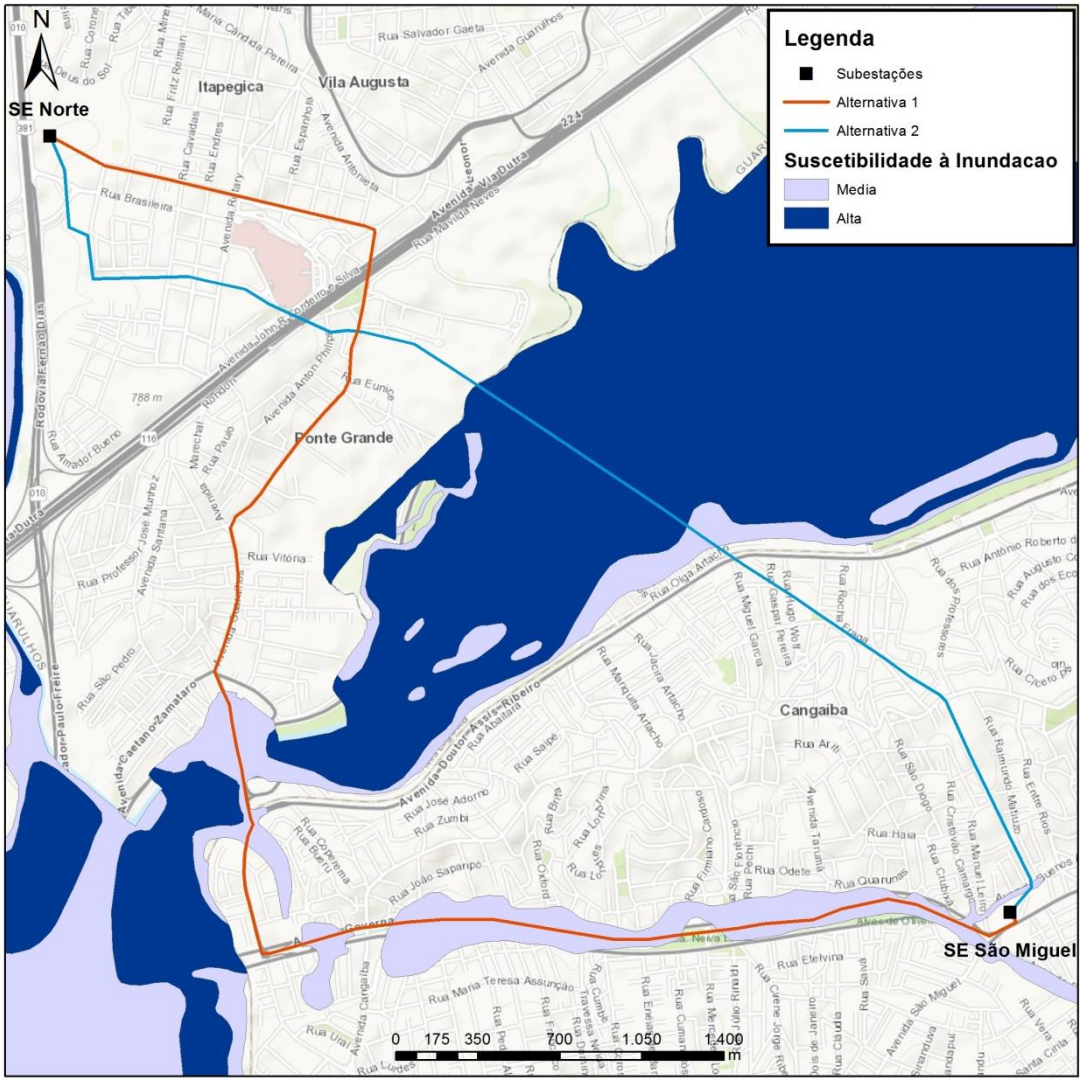
Travessia	Extensão (m)
Rua Brasileira	20
Rua Cavadas	12
Rua Endres	12
Avenida Rotary	13
Estacionamento Int. Shopping Guarulhos	80
Rodovia Pres. Dutra	95
Estacionamento Auto Shopping Guarulhos	91
Avenida Anton Philips	13
Avenida Guarulhos	15
Canal de drenagem	12
Pista Norte Rod. Ayrton Senna	18
Rio Tietê	62
Pista Sul Rodovia Ayrton Senna	56
Rua Olga Artacho	8

Linha CPTM	41
Avenida Dr. Assis Ribeiro	28
Rua Gaspar Pereira	8
Rua Hugo Wolf	16
Rua Rocha Fraga	9
Avenida Dr. Salomão de Vasconcelos	55
Rua Pimenta Moura	7
Avenida Cangaíba	15
Rua Manoel Leiroz	8
Avenida Buenos Aires	8
Córrego	7
Rua Maria Leocádia	13

A região de passagem desta alternativa se caracteriza pela densa ocupação urbana, industrial e de galpões logísticos, bem como a presença do Parque Ecológico do Tietê, no limite entre os municípios de Guarulhos e São Paulo. Partindo da SE Norte, o traçado cruza a alça de acesso à Rodovia Presidente Dutra e adentra a faixa de servidão da LTA Leste-Norte até a chegada à SE São Miguel. De modo geral, esta alternativa possui um percurso pouco sinuoso, pois, como mencionado, a faixa de servidão compartilhada tem um traçado suave, sem grandes quebras ou curvaturas.

Em todas as vias atravessadas, o mapa de trânsito do Google Maps demonstra que o fluxo é rápido em boa parte do traçado, com exceção da Rodovia Presidente Dutra. De acordo com informações do mapeamento disponibilizado pela Companhia de Gás de São Paulo (Comgás), no trecho até a travessia do rio Tietê, há nove cruzamentos com tubulação de gás, sendo duas de alta pressão.

Com relação ao sistema de abastecimento de água, de acordo com as informações disponibilizadas pela Sabesp, não há concorrência da LT com tubulações de maior diâmetro integrantes do sistema adutor de água tratada (apenas cruzamento com três adutoras). Certamente haverá diversos cruzamentos e/ou trechos de paralelismo da LT com a tubulação de distribuição de menor diâmetro devido a sua quase onipresença nas vias; porém, em virtude da complexidade das obras, a tubulação de maior diâmetro é a mais relevante. Não foram disponibilizadas informações referentes ao sistema de esgotamento sanitário. A esse respeito, conforme mencionado, poderá haver cruzamentos da LT com grandes tubulações nas áreas adjacentes a córregos e rios. Assim como na Alternativa 1, há também sobreposição a áreas inundáveis (Figura 52), visto que o rio Tietê é um obstáculo a ser transposto (CPRM, 2012).



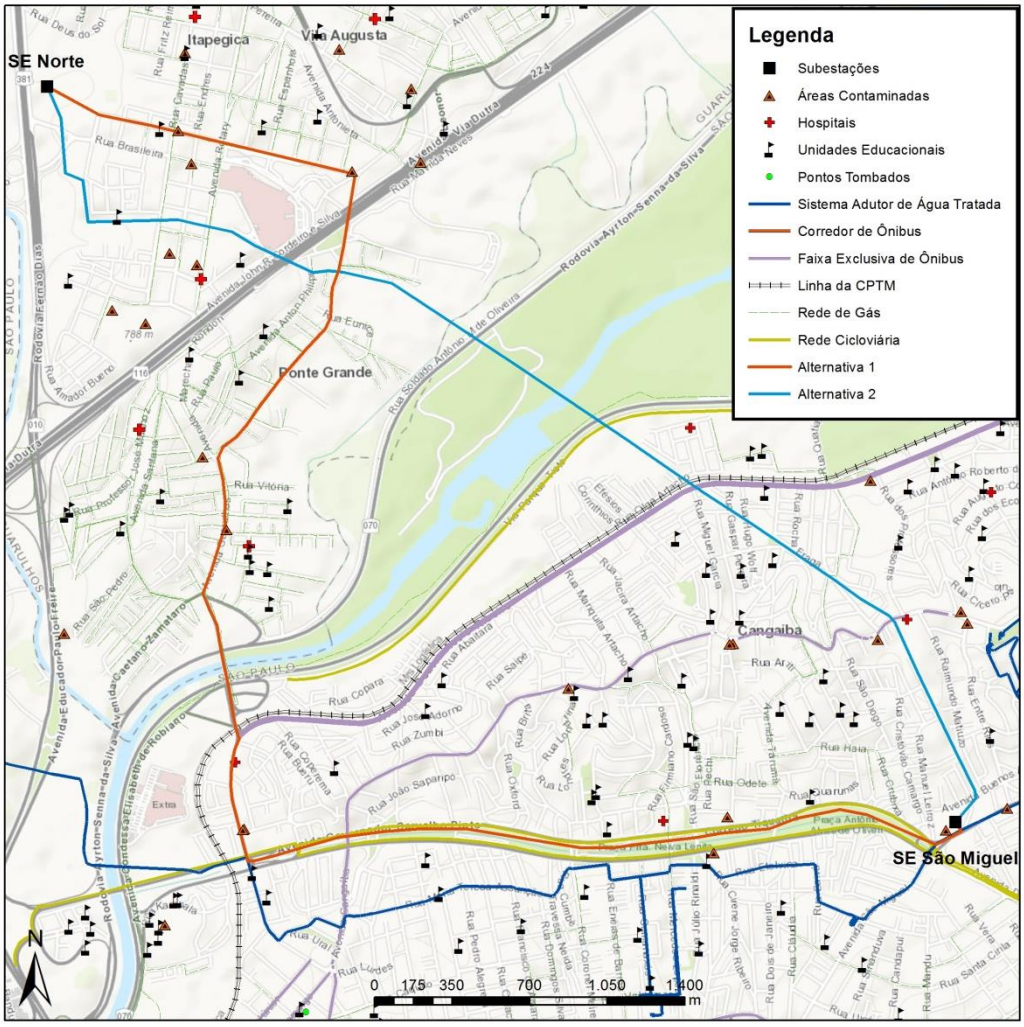
(Fontes: CPRM, 2012; ESRI Topographic Map, 2017)

Figura 52 – Áreas suscetíveis a inundação no trajeto da LT Norte – São Miguel

No tocante às interferências com infraestruturas de transporte, foi observado cruzamento com linha da CPTM, duas faixas exclusivas e corredores expressos de ônibus e rede cicloviária. As principais interferências ocorrem no segmento do traçado situado no município de São Paulo.

Por se tratar de área com a presença de indústrias desativadas, empresas de logística e postos de combustíveis, há sempre o risco da presença de áreas contaminadas. De acordo com a relação de áreas contaminadas do Estado de São Paulo, organizada pela Cetesb, não existem áreas contaminadas em estabelecimentos instalados nas vias onde passa o traçado. Também não há unidades de saúde, unidades educacionais, sítios arqueológicos conhecidos ou bens tombados próximos nas proximidades, de acordo com as bases consultadas.

A Figura 53 ilustra os aspectos analisados para o desenvolvimento de ambas as alternativas.



(Fontes: Topographic Map, 2017; Sabesp 2018, Comgás, 2018; Geosampa, 2018; Guarugeo, 2019)

Figura 53 – Alternativas de traçado estudadas para a da LT Norte – São Miguel e aspectos analisados

4.5.2. Escolha da Alternativa Referencial de Traçado

A seleção da melhor alternativa para a implantação de uma linha subterrânea deve considerar como os aspectos de maior relevância, sem prejuízo dos demais, os impactos relacionados ao trânsito da cidade e a quantidade e formas de interferências (cruzamento e paralelismos) com tubulações de gás, água e esgoto.

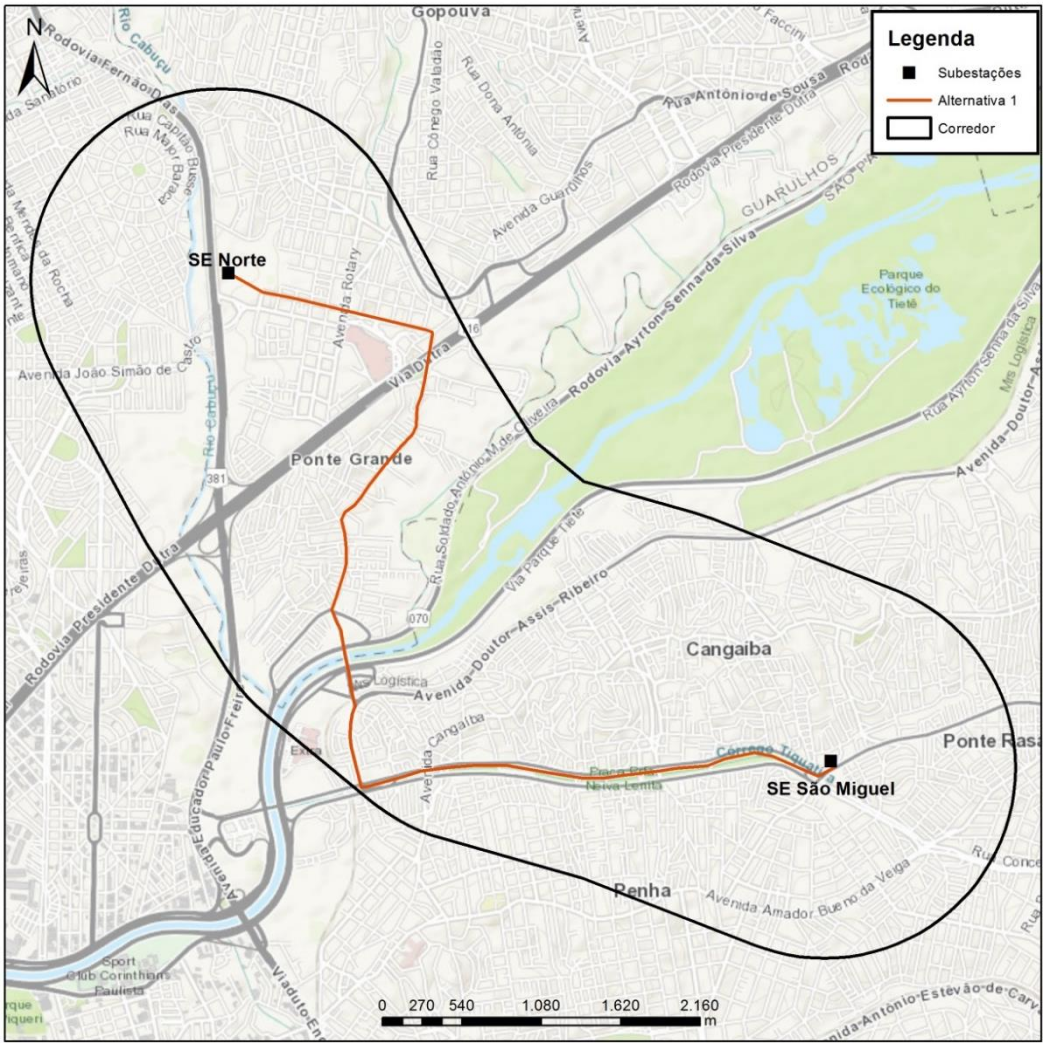
A Alternativa 1 utiliza-se de vias com considerável presença de infraestrutura subterrânea e tráfego intenso, sua implantação será de elevada complexidade. A Alternativa 2, por sua vez, exigirá um grande esforço de relação institucional junto à distribuidora responsável no sentido de viabilizar o compartilhamento da faixa de servidão. Ademais, além dos cruzamentos com infraestrutura subterrânea, outro grande obstáculo seria a travessia da área do Parque Ecológico do Tietê, onde, possivelmente, haverá necessidade técnicas de engenharia muito complexas e dispendiosas. Neste sentido, considerando a menor complexidade frente à aprovação

de projetos e ao processo de licenciamento ambiental, foi avaliado que a Alternativa 1 é a mais promissora.

Cabe destacar ainda que, a partir do refinamento e complementação das informações em levantamentos e estudos posteriores, o conjunto de alternativas sugeridas pode admitir outras proposições.

4.5.3. Detalhamento da Alternativa Selecionada

O corredor SE Norte – SE Miguel Reale foi elaborado com 2,6 km de largura e seu eixo possui aproximadamente 5,6 km de extensão. A largura do corredor foi baseada na disposição espacial das duas alternativas de traçado estudadas (Figura 54).



(Fontes: ESRI Topographic Map, 2018)

Figura 54 – Corredor SE Norte – SE São Miguel

O corredor se divide de forma praticamente igualitária entre os municípios de São Paulo e Guarulhos, com a metade noroeste localizada neste e a sudeste localizada naquele. As coordenadas das SEs são apresentadas na Tabela 28.

Tabela 28 - Coordenadas das subestações da LT Norte - São Miguel

Subestação	Status	Coordenadas		Município	Estado
		Latitude	Longitude		
Norte	Existente	23°28'58"S	46°33'30"O	Guarulhos	SP
São Miguel	Planejada	23°30'49"S	46°31'08"O	São Paulo	

As vias urbanas selecionadas variam de uma a três faixas de rolamento, compreendendo ruas e avenidas. A Tabela 29 detalha o itinerário do traçado principal (e da variante), bem como a extensão em cada logradouro.

Tabela 29 – Itinerário do traçado da LT Norte – São Miguel

Alternativa 1	
Logradouro	**Extensão (m)**
Avenida Carlos Ferreira Endres	1300
Avenida Guarulhos	2300
Viaduto Imigrante Nordestino	620
Avenida Gabriela Mistral	610
Avenida Governador Carvalho Pinto	3100
Avenida São Miguel	200

A Figura 55 ilustra os aspectos das duas principais vias que compõem o traçado:



(Fonte: Google Earth-Street View, 2017)

Figura 55 – Características de vias urbanas no trajeto da LT Norte – São Miguel

Como já mencionado, haverá cruzamentos e trechos de paralelismo com a rede de gás, elencadas nas Tabelas a seguir:

Tabela 30 – Principais cruzamentos da LT Norte – São Miguel com a rede de gás

Cruzamentos	Quantidade	Pressão (bar)	Diâmetro	Material
Avenida Carlos Ferreira Endres	3	7/17/7	4/4/6 polegadas	Aço
Avenida Guarulhos	9	0,35	63 mm	Polietileno
Viaduto Imigrante Nordestino	1	17	6 Polegadas	Aço
Avenida Gabriela Mistral	1	4	125 mm	Polietileno
Avenida Governador Carvalho Pinto	1	4	125 mm	Polietileno

Tabela 31 – Principais trechos de paralelismo da LT Norte – São Miguel com a rede de gás

Paralelismo	Pressão (bar)	Diâmetro	Material	Extensão (m)	Tipo
Av. Carlos Ferreira Endres	4	63 mm	Polietileno	365	Simples
Av. Carlos Ferreira Endres	7	6”	Aço	800	Simples
Av. Carlos Ferreira Endres	17	6”	Aço	40	Simples
Av. Guarulhos	4	125 mm	Polietileno	440	Simples
Av. Guarulhos	0,35	40mm	Polietileno	1500	Simples
Viad. Imigrante Nordestino	17	6”	Aço	470	Simples
Av. Gabriela Mistral	4	125 mm	Polietileno	220	Simples

Em face dos números apresentados referentes ao paralelismo, sem considerar o trecho de compartilhamento do túnel de uma LT da Cteep, chega-se à conclusão de que aproximadamente 47% do traçado concorre diretamente com a rede de gás.

O sistema adutor de água tratada concorre diretamente com o traçado em apenas dois pequenos segmentos (Tabela 32 e Figura 56).

Tabela 32 – Principais trechos de paralelismo da LT Norte – São Miguel com adutoras

Adutora	Via	Diâmetro	Material	Extensão (m)
Adutora Alça Leste-Rio Tietê-São Miguel	Avenida Gabriela Mistral	1.500 mm	Aço	20
Adutora Alça Leste-Rio Tietê-São Miguel	Avenida São Miguel	1.500 mm	Aço	200



(Fontes: Topographic Map, 2017; Sabesp 2018, Comgás, 2018; Geosampa, 2018; Guarugeo, 2019)

Figura 56 – Cruzamentos e trechos de paralelismo da LT Norte – São Miguel com adutoras

Há paralelismo com a rede cicloviária por toda a extensão da Avenida Governador Carvalho Pinto (caso utilize-se do canteiro central não haverá qualquer interferência) e dois cruzamentos faixa exclusiva de ônibus. Não há interferência com linhas de metrô e, no caso da Linha 12 Safira da CPTM, como já mencionado, o cruzamento é por sob o viaduto da mesma, ou seja, não há interferência direta.

É notório que a questão do trânsito é um dos maiores problemas que a cidade de São Paulo enfrenta. A grande maioria das vias apresenta grande volume de tráfego, fazendo com que qualquer intervenção cause grandes impactos na mobilidade. Neste cenário, onde foi possível, buscou-se utilizar as vias com menor histórico de trânsito. Sendo assim, de acordo com as informações do mapa de trânsito do *Google Maps* (nos horários de pico de segundas-feiras, às 8h; e sextas-feiras, às 18h), apresentam trechos

consideráveis de fluxo moderado, tanto no sentido bairro-Centro como no Centro-bairro.

A Tabela 33 identifica o somatório de trechos mais críticos, em que o cenário do horário de pico da sexta-feira às 18h se mostrou mais complexo.

Tabela 33 – Trechos críticos de tráfego ao longo do traçado da LT Norte – São Miguel

Início	Fim	Extensão (m)	Sentido	Tráfego	Cenário
Avenida Carlos Ferreira Endres, 1171	Avenida Carlos Ferreira Endres, 631	550	Norte-São Miguel	Moderado	Segunda, 8h
Avenida Carlos Ferreira Endres, 409	Avenida Carlos Ferreira Endres, 18	350	Norte-São Miguel	Moderado	Segunda, 8h
Avenida Guarulhos, 2422	Avenida Guarulhos, 2603	300	Norte-São Miguel	Moderado/Lento	Segunda, 8h
Avenida Guarulhos, 3714	Avenida Guarulhos, 4474	300	Norte-São Miguel	Moderado/Lento	Segunda, 8h
Metade Final Viaduto Imigrante Nordestino	Avenida Gabriela Mistral, 1235	350	Norte-São Miguel	Moderado	Segunda, 8h
Avenida Gabriela Mistral, 750	Avenida Gabriela Mistral, 750	500	São Miguel-Norte	Moderado	Sexta, 18h
Metade Final Viaduto Imigrante Nordestino	Avenida Guarulhos, 3719	850	São Miguel-Norte	Moderado	Sexta, 18h
Avenida Guarulhos, 2963	Avenida Guarulhos, 3458	500	São Miguel-Norte	Moderado	Sexta, 18h
Avenida Guarulhos, 3458	Avenida Carlos Ferreira Endres, 1045	São Miguel-Norte	Moderado	Sexta, 18h	São Miguel-Norte
Av. do Poeta, 473	Av. João Simão de Castro, 1500	400	Centro-bairro	Moderado	Sexta, 18h

(Fonte dos dados: Google Maps, abril de 2019)

Como os dados contidos na ferramenta do Google Maps são fruto de estimativas e sofrem forte dinâmica, recomenda-se consultar dados e estudos da Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo e da instituição responsável pelo trânsito de Guarulhos.

No caso da sinuosidade, o traçado sugerido alcançou um valor 52% maior em relação ao percurso em linha reta. Este incremento se deve principalmente às várias angulações e inflexões.

5. RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA OS RELATÓRIOS R3

Deverão ser estudadas criteriosamente, durante a elaboração do Relatório R3 deste empreendimento, as opções de traçado para a futura LT, escolhendo-se a alternativa mais viável do ponto de vista socioambiental e construtivo. A seguir, são apresentadas as principais recomendações para a definição da diretriz da LT planejada, quando da elaboração do referido relatório:

- Obter informações atualizadas da rede de distribuição de gás junto à Companhia de Gás de São Paulo (Comgás);
- Obter informações atualizadas e mais detalhadas referentes ao sistema abastecimento e ao sistema de esgotamento sanitário junto à Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), bem como aos serviços Municipais de Guarulhos, Santo André e São Caetano;
- Obter maiores informações sobre o trânsito com a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, e órgãos equivalentes dos Municípios de Guarulhos, São Caetano do Sul e Santo André;
- Consultar as Prefeituras de São Paulo, Guarulhos, São Caetano do Sul e Santo André sobre a existência de planos de arborização e avaliar as possíveis interferências;
- Consultar órgãos responsáveis pela manutenção de obras de arte (ex: pontes, viadutos, túneis, etc) acerca da adição de nova carga permanente, representada pela passagem de cabos, onde for necessário;
- Prospectar e avaliar dados de infraestrutura subterrânea que não foram contemplados (por falta de disponibilidade) neste relatório, tais como: rede de comunicação (fibra ótica), galerias de drenagem pluvial e estruturas de combate a enchentes, etc;
- Identificar em campo a existência de obras em andamento;
- Monitorar a situação do Decreto Municipal (nº 54.004/2013), que apesar de ter ocorrido sua caducidade, pode ter desdobramentos futuros;
- Consultar a Prefeitura e Governo do Estado sobre previsão de obras lineares futuras que possam interferir na implantação da LT subterrânea, tais como implantação de VLTs, BRTs, ciclovias, obras de macrodrenagem urbana, expansão de linhas de metrô e de vias urbanas;
- Caso seja possível, filmar caminhamento da diretriz em veículo automotor, em horários representativos de tráfego intenso (segunda-feira, às 8h; sexta, às 18h) por meio de câmera de filmagem com resolução mínima de VGA, nos formatos .mp4 ou .avi;
- Consultar as Prefeituras, o Governo do Estado e instituições de ensino e pesquisa sobre a existência de informações ou estudos relacionados a

condições físico-químicas do solo da região de estudo, bem como ao nível freático próximo à diretriz elaborada;

- Mapear as áreas de valor histórico, cultural e arqueológico adjacentes à diretriz, em especial áreas e bens tombados em âmbito federal (Iphan), estadual (Condephaat) e municipal (prefeituras), e indicar eventuais restrições legais associadas a essas áreas que possam implicar restrições à implantação da LT. Ressalta-se que o site do Conselho de Defesa do Patrimônio, Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (Condephaat) disponibiliza o georreferenciamento e informações sobre bens tombados, bens em estudo de tombamento e áreas envoltórias de bens tombados.

Mais uma vez, é importante lembrar que, a partir do refinamento e complementação das informações em levantamentos e estudos posteriores, o conjunto de alternativas sugeridas pode admitir outras proposições, inclusive o hibridismo entre as mesmas, desde que justificadas tecnicamente.

6. REFERÊNCIAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2018. Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico – SIGEL. Disponível em: http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html. Acesso em agosto de 2018.

CETESB. (2019). Relação de Áreas Contaminadas e reabilitadas no Estado de São Paulo. São Paulo: Cetesb. Disponível em https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/relacao-de-areas-contaminadas/. Acesso em janeiro de 2019.

COMGÁS. Rede de Gás dos Municípios de São Paulo, São Caetano do Sul, Santo André e Guarulhos. Arquivos em formato Shapefile (.SHP) cedido pela Comgás.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Setorização de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massas e enchentes, 2012. Disponível em: http://geowebapp.cprm.gov.br/Riscos/. Acesso em setembro de 2018.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2018. Base Georreferenciada de Linhas de Transmissão e Subestações. Disponível em: https://gisepeprd.epe.gov.br/webmapepe/. Acesso em setembro de 2018.

ESRI. Arcgis Desktop 10.5.1. Disponível em: https://www.esri.com/en-us/home. Acesso em setembro de 2018.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. GeoSampa – Mapa Digital da Cidade de São Paulo. Disponível em geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx. Acesso em janeiro de 2019.

PREFEITURA DE GUARULHOS. GuaruGeo – Mapa Digital do Município de Guarulhos. Disponível em http://guarugeo.guarulhos.sp.gov.br/guarugeo_v6/. Acesso em janeiro de 2019.

GOOGLE EARTH-MAPAS. Disponível em: https://www.google.com.br/maps. Acesso de março de 2019.

GOOGLE. Google Earth Pro 7.1.2.2041. Disponível em: https://www.google.com/earth/ Acesso em março de 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. Base Cartográfica Integrada Brasil ao Milionésimo. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em agosto de 2018.

INOVATEC, Apresentação: Operação de Linhas de Transmissão Subterrâneas. Palestrante - Júlio Cesar Ramos Lopes, 3º Fórum sobre centros de Operação e Controles das Empresas de Energia Elétricas, abril de 2014.

IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, 2018. Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos. Disponível em: http://www.iphan.gov.br/. Acesso em: agosto de 2018.

SABESP. Sistema Adutor de Água Tratada da Região Metropolitana de São Paulo. Arquivos em formato Shapefile (.SHP) cedido pela Sabesp.

*para *download* de shapefile de: áreas contaminadas, unidades de saúde e educacionais, infraestrutura de transportes, pontos tombados, linhas de alta tensão, etc.

APÊNDICE A – TABELA DE COMPARAÇÃO DAS SUBESTAÇÕES (R1XR3)

SE	
Comparação da localização da SE (Relatório R3) com o proposto no Relatório R1	
Responsável pelo preenchimento:	
Contato do Responsável:	
Data:	
Comparação da localização da SE (Relatório R3) com o proposto no Relatório R1	
No caso de localização da SE em local diferente do indicado no Relatório R1, indicar justificativa(s):	
1. Anexar mapa indicando a localização proposta para a SE no Relatório R3, e os principais fatores socioambientais que influenciaram a localização. 2. Indicar as coordenadas geográficas da localização proposta para a SE. 3. Anexar arquivo KMZ da localização da subestação.	
Pontos notáveis verificados no Relatório R3, não identificados no Relatório R1	
Recomendações do Relatório R1 e atendimento no Relatório R3	
Recomendações do R1	**Foi atendida a recomendação? Em caso negativo, favor justificar.**
1. Monitorar a situação do Decreto Municipal (nº 54,004/2013), que apesar de ter ocorrido sua caducidade, pode ter desdobramentos futuros;	

APÊNDICE B - TABELA DE COMPARAÇÃO DAS LINHAS SUBTERRÂNEAS (R1XR3)

Linhas Subterrâneas	
Tabela 1 - Comparação da diretriz da LT (Relatório R3) com o proposto no Relatório R1	
Responsável pelo preenchimento:	
Contato do Responsável:	
Data:	
Comparação da diretriz da linha de transmissão (R3) com o corredor estudado no R1	
SE Miguel Reale – SE São Caetano do Sul	
Extensão de referência (R1): 7,8 km	Extensão da diretriz da LT (R3):
Variação da extensão e principal(ais) motivos:	
A diretriz está inteiramente inserida no corredor?	
No caso de não inserção da diretriz do R3 no corredor do R1, informar os motivos:	
SE Norte – SE Miguel Reale	
Extensão de referência (R1): 14,5 km	Extensão da diretriz da LT (R3):
Variação da extensão e principal(ais) motivos:	
A diretriz está inteiramente inserida no corredor?	
No caso de não inserção da diretriz do R3 no corredor do R1, informar os motivos:	
SE São Caetano do Sul – SE Sul	
Extensão de referência (R1): 14,1 km	Extensão da diretriz da LT (R3):
Variação da extensão e principal(ais) motivos:	
A diretriz está inteiramente inserida no corredor?	
No caso de não inserção da diretriz do R3 no corredor do R1, informar os motivos:	
SE São Miguel – SE Ramon Reberte	
Extensão de referência (R1): 9,1 km	Extensão da diretriz da LT (R3):
Variação da extensão e principal(ais) motivos:	
A diretriz está inteiramente inserida no corredor?	
No caso de não inserção da diretriz do R3 no corredor do R1, informar os motivos:	
SE Norte – SE São Miguel	
Extensão de referência (R1): 8,1 km	Extensão da diretriz da LT (R3):
Variação da extensão e principal(ais) motivos:	
A diretriz está inteiramente inserida no corredor?	
No caso de não inserção da diretriz do R3 no corredor do R1, informar os motivos:	
1 - Anexar o mapa contendo o corredor estudado no Relatório R1 e a diretriz proposta no Relatório R3, e os principais fatores socioambientais que influenciaram a diretriz. 2 - Encaminhar arquivo digital da diretriz definida no R3 (formato KMZ ou *shapefile*).	
Pontos notáveis verificados no R3, não identificados no R1	
Recomendações do R1 e atendimento no R3	

Recomendações do R1	Foi atendida a recomendação? Se não, justificar.
1. Obter informações atualizadas da rede de distribuição de gás junto à Companhia de Gás de São Paulo (COMGAS);	
2. Obter informações atualizadas e mais detalhadas referentes ao sistema abastecimento e ao sistema de esgotamento sanitário junto à Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), bem como aos serviços Municipais de Guarulhos, Santo André e São Caetano;	
3. Obter maiores informações sobre o trânsito com a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, e órgãos equivalentes dos Municípios de Guarulhos, São Caetano do Sul e Santo André;	
4. Consultar as Prefeituras de São Paulo, Guarulhos, São Caetano do Sul e Santo André sobre a existência de planos de arborização e avaliar as possíveis interferências;	
5. Consultar órgãos responsáveis pela manutenção de obras de arte (ex: pontes, viadutos, túneis, etc) acerca da adição de nova carga permanente, representada pela passagem de cabos, onde for necessário;	
6. Prospectar e avaliar dados de infraestrutura subterrânea que não foram contemplados (por falta de disponibilidade) neste relatório, tais como: rede de comunicação (fibra ótica), galerias de drenagem pluvial e estruturas de combate a enchentes, etc;	
7. Identificar em campo a existência de obras em andamento;	
8. Consultar a Prefeitura e Governo do Estado sobre previsão de obras lineares futuras que possam interferir na implantação da LT subterrânea, tais como implantação de VLTs, BRTs, ciclovias, obras de macrodrenagem urbana, expansão de linhas de metrô e de vias urbanas;	
9. Caso seja possível, filmar caminhamento da diretriz elaborada em veículo automotor em horários representativos de tráfego intenso (segunda-feira, às 8h; sexta, às 18h) por meio de câmera de filmagem com resolução mínima de VGA, nos formatos .mp4. ou .avi.;	

10. Consultar a Prefeitura, o Governo do Estado e instituições de ensino e pesquisa sobre a existência de informações ou estudos relacionados a condições físico-químicas do solo da região de estudo, bem como ao nível freático próximo à diretriz elaborada;	
11. Mapear as áreas de valor histórico, cultural e arqueológico ao longo do traçado da LT, em especial áreas e bens tombados em âmbito federal (Iphan), estadual (Condephaat) e municipal (prefeituras), e indicar eventuais restrições legais associadas a essas áreas que possam implicar restrições à implantação da LT. Ressalta-se que o site do Conselho de Defesa do Patrimônio, Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (Condephaat) disponibiliza o georreferenciamento e informações sobre bens tombados, bens em estudo de tombamento e áreas envoltórias de bens tombados.	

APÊNDICE C - DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO R3 DAS LTS SUBTERRÂNEAS DA RMSP

Roteiro para elaboração do Relatório R3

APRESENTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

2 DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS

3 CARACTERIZAÇÃO DA DIRETRIZ DE TRAÇADO E ÁREA DA SUBESTAÇÃO
3.1 CRITÉRIOS UTILIZADOS NA DEFINIÇÃO DA DIRETRIZ DE TRAÇADO
3.2 INFRAESTRUTURA E LOCALIZAÇÃO
- 3.2.1 LOCALIZAÇÃO DA DIRETRIZ DE TRAÇADO
- 3.2.2 INFRAESTRUTURA SUBTERRÂNEA
- 3.2.3 TRÁFEGO E SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO

3.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, ARBORIZAÇÃO URBANA E ZONEAMENTO MUNICIPAL
- 3.3.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ARBORIZAÇÃO URBANA
- 3.3.2 ZONEAMENTO MUNICIPAL

4.4 PLANOS, PROGRAMAS E PROJETOS PÚBLICOS E PRIVADOS
3.5 MEIO FÍSICO
- 3.5.1 REGIME DE CHUVAS
- 3.5.2 CONDICIONANTES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS
- 3.5.3 HIDROGRAFIA E ÁREAS SUJEITAS A ALAGAMENTOS OU INUNDAÇÕES

3.6 ÁREAS PROTEGIDAS E ÁREAS SENSÍVEIS ÀS OBRAS DE IMPLANTAÇÃO DA LT
- 3.6.1 ÁREAS PROTEGIDAS PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA
- 3.6.2 POPULAÇÕES TRADICIONAIS, PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO, HISTÓRICO-CULTURAL E NATURAL
- 3.6.3 ÁREAS SENSÍVEIS ÀS OBRAS DE IMPLANTAÇÃO DA LT
- 3.6.4 RESTRIIÇÕES À EMISSÃO DE RUÍDO E MATERIAL PARTICULADO

3.7 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA SUBESTAÇÃO
- 3.7.1 CRITÉRIOS NORTEADORES DA DEFINIÇÃO DO LOCAL DA SUBESTAÇÃO
- 3.7.2 ANÁLISE DE ALTERNATIVAS E SELEÇÃO DO LOCAL DA SUBESTAÇÃO
- 3.7.3 PROJETO CIVIL E OBRAS DE IMPLANTAÇÃO DA SUBESTAÇÃO

4 CONCLUSÃO

5 REFERÊNCIAS

6 EQUIPE TÉCNICA

7 ANEXOS
- ANEXO 1 FICHAS-RESUMO DA LINHA DE TRANSMISSÃO E SUBESTAÇÃO
- ANEXO 2 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

ANEXO 3 CADERNO DE MAPAS

APRESENTAÇÃO

Este documento estabelece orientações de conteúdo e critérios para elaboração do "Relatório de Definição da Diretriz e Análise Socioambiental – Relatório R3" para linhas de transmissão subterrâneas e respectivas subestações.

Os itens que se seguem apresentam o conteúdo mínimo do Relatório R3 de LTs subterrâneas e suas subestações, amparados pelo arcabouço legal vigente, sem prejuízo das leis e normas estaduais e municipais pertinentes. O Item 10 consiste na ficha-resumo da linha de transmissão subterrânea. O Item 11 consiste na ficha-resumo da subestação de energia. As diretrizes para elaboração do Relatório Fotográfico estão descritas no Item 12. As especificações do Caderno de Mapas estão descritas no Item 13.

Para todos os itens do relatório, o texto deverá ser ilustrado com imagens que auxiliem a visualização dos temas expostos, e deverá conter referência aos respectivos mapas, com indicação das folhas, quando houver mais de uma para cada mapa temático.

1 INTRODUÇÃO

Fazer referência ao Relatório R1 relacionado ao empreendimento a ser detalhado no Relatório R3.

Apresentar justificativa técnica sobre a necessidade da linha de transmissão e para a proposição da linha de transmissão subterrânea, referenciando o Relatório R1.

Descrever o empreendimento, com breve apresentação das características técnicas da linha de transmissão (tensão, número de circuitos, extensão, estimativa da quantidade e dimensões das caixas de emenda, métodos de implantação previstos).

Apresentar neste item figura com o corredor, as rotas estudadas no Relatório R1 e a diretriz selecionada no Relatório R3. A figura deve apresentar os limites político-administrativos municipais, malha viária e hidrografia.

Ressalta-se que a diretriz proposta no Relatório R3 poderá estar fora dos limites do corredor proposto no Relatório R1, quando for verificada a necessidade, apresentando-se justificativa fundamentada, no corpo do relatório e na *Planilha-Síntese de Comparação do Relatório R3 com o R1* (Apêndice B).

2 DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS

Descrever resumidamente como foram desenvolvidos os trabalhos, o levantamento de dados primários e secundários, os recursos e a logística utilizados, além dos procedimentos metodológicos adotados.

Utilizar informações e dados secundários a serem obtidos em órgãos oficiais, universidades e demais instituições que produzem conhecimento. Essas informações e dados deverão ser complementados por informações levantadas na inspeção terrestre ao longo das alternativas de diretriz, imagens de satélite e fotos aéreas. Deve ser dado destaque à forma de obtenção das informações relativas à infraestrutura subterrânea existente.

Cabe destacar a importância de não se transcreverem manuais técnicos, como os do IBGE de vegetação, geomorfologia e pedologia, entre outros temas. Sempre que pertinente, fazer referência a esses manuais.

3 CARACTERIZAÇÃO DA DIRETRIZ DE TRAÇADO DA LT

3.1 CRITÉRIOS UTILIZADOS NA DEFINIÇÃO DA DIRETRIZ DE TRAÇADO

Apresentar os critérios utilizados para o desenvolvimento do traçado, tais como menor extensão, afastamento de vias com maior volume de tráfego de veículos, menor interferência em infraestrutura subterrânea, distanciamento de áreas sensíveis às obras de implantação da LT, entre outros. A diretriz elaborada deve ser comparada sucintamente com as rotas desenvolvidas no Relatório R1, de forma que se justifique como a proposta mais vantajosa, do ponto de vista socioambiental e econômico.

Para definição da diretriz devem ser analisados os principais temas abordados nos itens a seguir e as observações realizadas em campo. Deve também ser observado o conjunto de critérios apresentados a seguir e as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) aplicáveis a projetos de linhas de transmissão subterrâneas.

O desenvolvimento da diretriz de traçado das linhas de transmissão deve considerar os elementos que se seguem, optando pelo seu desvio, sempre que possível:

- Vias com histórico de tráfego intenso;
- Redes de gás de alta e baixa pressão;

- Tubulações de água e esgoto de maior porte ou relevância, como adutoras, interceptores de esgoto, emissários e coletores-tronco;
- Outras redes de infraestrutura para as quais se disponha de base georreferenciada;
- Unidades de conservação e demais áreas protegidas;
- Sítios paleontológicos, arqueológicos e bens culturais acautelados;
- Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) e Estações de Tratamento de Água (ETA); e
- Áreas sensíveis às obras de implantação da LT e da SE, conforme definidas no item 3.6 (unidades de saúde – hospitais, postos de saúde, unidades de pronto atendimento etc. – e estabelecimentos de ensino. –, entre outras que possam vir a ser identificadas como tal pela equipe responsável pela elaboração do R3).

3.2 INFRAESTRUTURA E LOCALIZAÇÃO

3.2.1 Localização da Diretriz de Traçado

Deverão ser indicadas as áreas percorridas pela diretriz, conforme tabela a seguir.

Tabela 34 - Itinerário da diretriz de traçado da LT XXXXX

Município	Bairro	Logradouro	Tipo de via*	Extensão (em cada logradouro)

**Transito rápido, arterial, coletora ou local, conforme classificação do Detran e/ou do órgão municipal de controle de tráfego*

3.2.2 Infraestrutura Subterrânea

Consultar órgãos e entidades do município e do governo do estado, a fim de obter dados de infraestrutura subterrânea, tais como rede de gás, rede de água, rede de esgoto, linhas de distribuição subterrâneas, dentre outros.

Apresentar mapa com a infraestrutura subterrânea existente, contemplando a rede de gás, rede de água, rede de esgoto, sistema de drenagem (galerias, postos de visita), linhas de transmissão e distribuição subterrâneas existentes, oleodutos/gasodutos, dentre outros, conforme discriminado no Anexo 3.

Apresentar tabelas com informações das redes subterrâneas, ampliando, se possível, as informações apresentadas no Relatório R1. Caso haja informações disponíveis, indicar os materiais das tubulações, em especial quando se tratar de ferro fundido ou

outros materiais sujeitos à corrosão induzida por campos elétricos (corrosão eletrolítica).

3.2.3 Tráfego e Sistemas de Transporte Urbano

Consultar as Secretarias de Transportes, companhias responsáveis pela engenharia de tráfego ou órgãos similares sobre o histórico do trânsito na região e diretrizes para a minimização do impacto no tráfego durante a fase construtiva.

Apresentar informações sobre o volume de tráfego de veículos na região de estudo, considerando o horário de pico, indicando os potenciais impactos da implantação do empreendimento (se possível, indicar o número de faixas de rolamento e/ou calçada a serem interditados). Apresentar de maneira sucinta os sistemas de transporte urbano existentes na região (BRT – *bus rapid transit*, ou transporte rápido por ônibus), metrô, trem, VLT (veículo leve sobre trilhos), corredores exclusivos, ciclovias, etc., e estimar a influência da diretriz na operação de cada um durante o processo construtivo.

Apresentar Mapa de Sistema de Transporte e Tráfego, conforme discriminado no Anexo 3.

3.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, ARBORIZAÇÃO E ZONEAMENTO MUNICIPAL

3.3.1 Uso e Ocupação do Solo e Arborização Urbana

Descrever sucintamente o padrão de uso e ocupação do solo na região atravessada pela diretriz, com relação aos usos e características predominantes (residencial, comercial, industrial, misto, grandes áreas institucionais, parques, áreas de expansão urbana, áreas de chácaras etc.), e padrões de ocupação (predomínio de ocupação vertical ou horizontal, áreas de invasão, comunidades de baixa renda e outras características julgadas relevantes). Essa descrição deve estar baseada em levantamentos de campo, análise de imagens de satélite e dados secundários, como a caracterização ou diagnóstico constantes dos planos diretores municipais, por exemplo.

Adicionalmente, se a equipe julgar pertinente, classificar as áreas atravessadas nas categorias muito densa, densa e pouco densa, de acordo com o IBGE (https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia_urbana/areas_urbanizadas/default.shtm – acesso em: 12/07/2019).

Apresentar caracterização sucinta da arborização urbana nos logradouros percorridos e atravessados pela diretriz de traçado, identificando áreas de maior concentração de árvores e se as espécies presentes, devido às características de suas raízes, podem representar algum tipo de dificuldade para a implantação e operação da LT.

As descrições devem estar baseadas em levantamentos de campo, análise de imagens de satélite atuais e de alta resolução, e dados secundários, como por exemplo os diagnósticos urbanísticos constantes dos planos diretores municipais.

3.3.2 Zoneamento Municipal

Apresentar a diretriz sobreposta ao mapa de zoneamento definido nos planos diretores dos municípios envolvidos (conforme discriminado no Anexo 3), e comentar, com relação às zonas atravessadas, a existência ou não de eventuais restrições a LTs subterrâneas e a subestações.

3.4 PLANOS, PROGRAMAS E PROJETOS PÚBLICOS E PRIVADOS

Indicar os planos e projetos do poder público relacionados a moradia popular, infraestrutura e equipamentos urbanos (em nível federal, estadual, metropolitano e municipal), bem como projetos da iniciativa privada cujo porte, finalidade e/ou localização possam representar restrições ao traçado da LT e/ou às obras de implantação da linha. Indicar a área de incidência de cada projeto no mapa temático pertinente (Mapa de Sistema de Transporte e Tráfego; Mapa de Infraestrutura Subterrânea, Áreas Protegidas e Áreas Sensíveis à Implantação da LT; Mapa de Uso e Ocupação do Solo; ou Mapa de Zoneamento do Plano Diretor).

3.5 MEIO FÍSICO

3.5.1 Regime de Chuvas

Caracterizar de forma sucinta o regime de chuvas, com base em dados históricos da região de estudo.

3.5.2 Condicionantes Geológico-Geotécnicas

Caracterizar sucintamente os solos presentes nas proximidades da diretriz, apresentando o percentual de ocorrência de classes, com foco na identificação de áreas úmidas, solos rasos e afloramentos rochosos.

Pesquisar junto à(s) prefeitura(s), a instituições de ensino e entidades congêneres sobre a existência de informações relacionadas aos solos e condições geológico-geotécnicas, com foco na resistividade térmica, fração gasosa, teor de umidade, teor de matéria orgânica, teor de quartzo e substrato rochoso, visto que influenciam a definição de tecnologias a serem utilizadas e custos envolvidos.

Consultar a(s) prefeitura(s) e órgãos do governo do estado sobre a existência de relatórios de sondagem a percussão (também conhecida como SPT, sigla para

Standard Penetration Test) e respectiva planta de locação de furos, além de outros eventuais ensaios geotécnicos resultantes de obras de empreendimentos lineares executadas ao longo ou próximos à diretriz de traçado.

Avaliar necessidade de utilização de métodos diretos de sondagem de baixo custo, como tradagem, para obtenção ou ratificação de informações sobre os solos ao longo da diretriz.

Apresentar mapa de solos, conforme discriminado no Anexo 3.

3.5.3 Hidrografia e Áreas Sujeitas a Alagamentos ou Inundações

Identificar, em forma de tabela, os corpos d'água interceptados pelas alternativas de diretriz.

Verificar a existência de áreas alagáveis e/ou inundáveis interceptadas pela diretriz de traçado, tendo por base cartas de suscetibilidade e os mapas de risco de produzidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, vinculada ao Ministério de Minas e Energia) e outros eventualmente disponíveis, mediante validação, se possível, da Defesa Civil, por meio de entrevista ou comunicação formal. Mencionar o mapa pertinente, discriminado no Anexo 3.

Considerar a utilização de métodos diretos, tal como a instalação de piezômetro, para avaliar a profundidade do lençol freático, nas proximidades das alternativas de diretriz. Na impossibilidade de execução dos serviços referidos, pesquisar dados e informações sobre a profundidade do lençol freático junto à Prefeitura, e instituições de ensino e pesquisa.

3.6 ÁREAS PROTEGIDAS E ÁREAS SENSÍVEIS ÀS OBRAS DE IMPLANTAÇÃO DA LT

3.6.1 Áreas Protegidas para Conservação da Natureza

Identificar e localizar as unidades de conservação interceptadas pela diretriz, especificando o grupo e categoria, bem como o âmbito administrativo (federal, estadual ou municipal).

Realizar levantamento dos planos de manejo das unidades de conservação, de forma a identificar as zonas de amortecimento e as zonas com restrição de uso. No caso de inexistência do plano de manejo, delimitar a área do entorno da UC com 3 km a partir dos seus limites, conforme estipulado pela Resolução Conama n° 428/2010, ou outro limite segundo a legislação pertinente.

Identificar e localizar as áreas de preservação permanente interceptadas pelas alternativas de diretriz, conforme Lei n° 12.651/2015. Mencionar o mapa pertinente, discriminado no Anexo 3.

3.6.2 Populações Tradicionais e Patrimônios Arqueológicos, Histórico-Cultural e Natural

Investigar a existência de comunidades tradicionais (quilombolas, indígenas, etc.) ao longo ou nas proximidades do trajeto das alternativas de diretriz e nas proximidades e, caso existam, caracterizá-las de maneira sucinta, indicando a distância em relação à LT e dando enfoque para a situação legal das terras e eventuais conflitos associados a essas áreas.

Identificar áreas de valor histórico, cultural e arqueológico ao longo da diretriz de traçado da LT, sobretudo áreas e bens tombados em âmbito federal, estadual e municipal, e verificar eventuais restrições legais associadas a essas áreas que possam implicar restrições à implantação da LT. Mencionar o mapa pertinente, discriminado no Anexo 3.

3.6.3 Áreas Sensíveis às Obras de Implantação da LT

Para a finalidade de elaboração do Relatório R3 de LTs subterrâneas, entendem-se como áreas sensíveis às obras de implantação da LT os logradouros, estabelecimentos, equipamentos públicos e locais onde se desenvolvem atividades que podem ser impactadas de forma significativa pela interdição de calçadas e faixas de rolamento, e/ou pelos ruídos e poeira gerados pelas obras. São elas, prioritariamente, mas não exclusivamente[4]: unidades de saúde (hospitais, unidades de pronto atendimento, postos de saúde etc.) e de educação (escolas, faculdades etc.).

Comentar neste item os pontos de destaque com relação a essas áreas, as quais devem constar no Mapa de Infraestrutura Subterrânea, Áreas Protegidas e Áreas Sensíveis à Implantação da LT, discriminado no Anexo 3.

3.6.4 Restrições à Emissão de Ruído e Material Particulado

Identificar possíveis restrições em relação aos níveis de ruídos e materiais particulados gerados durante a implantação do empreendimento, considerando as técnicas e equipamentos previstos para as obras. Consultar regulamentos existentes sobre os temas (Código de Posturas Municipal, Plano Diretor e outros instrumentos normativos).

[4] A equipe responsável pela elaboração do R3 poderá indicar outras áreas ou estabelecimentos que considere sensíveis às obras de implantação da LT, além das mencionadas.

À luz das informações dos itens 3.2 a 3.6, apresentar as possíveis técnicas construtivas para serem utilizadas na implantação da LT e fatores envolvidos na escolha. Discorrer sobre a pertinência do emprego do método de abertura de valas e dos métodos não destrutivos (MND). Considerar eventual possibilidade de compartilhamentos de túneis ou galerias técnicas de concessionárias de serviço público existentes ou planejadas.

3.7 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA SUBESTAÇÃO

Resumir de forma sucinta as características do local (característica dos acessos, entorno, topografia, condições geológico-geotécnicas, se possível, vegetação, situação fundiária e outras julgadas relevantes, e os principais fatores de complexidade identificados para a implantação do empreendimento.

3.7.1 Critérios Norteadores da Definição do Local da Subestação

A localização das novas subestações deve levar em conta, além dos requisitos elétricos do Sistema de Transmissão, a existência de infraestrutura necessária à construção, operação e manutenção da subestação. Devem ser consideradas também, as possíveis ampliações futuras da subestação, eventualmente indicadas no respectivo Relatório R1.

Os critérios apontados no item 3 devem ser utilizados para a definição da área para implantação da subestação, sobretudo a facilidade de acesso e a topografia dos terrenos, assim como eventuais restrições do zoneamento municipal à implantação de subestações.

A equipe do Relatório R3 deverá interagir com a equipe do Relatório R4, para compatibilizar a localização da entrada/saída de LTs na futura subestação com o layout da subestação previsto no R4.

Considerar, tanto na definição da localização da subestação (R3) quanto no seu arranjo (R4), a possível rota de chegada de linhas futuras, de forma a evitar cruzamentos na saída da subestação.

3.7.2 Análise de Alternativas e Seleção do Local da Subestação

Para as alternativas, considerar terrenos com as dimensões (m^2) apresentadas no Relatório R4.

Analisar a ocupação e o uso do solo da área de estudo, considerando as restrições contidas no plano diretor do município, bem como identificar o(s) proprietário(s) dos terrenos das alternativas locacionais. **Ressalta-se que, a não ser em caso de orientação expressa em contrário pelo MME ou EPE, não é recomendável, na presente fase de planejamento, contatar proprietários privados para informar sobre**

a subestação planejada para o local. Eventuais contatos devem ser feitos de forma indireta, para não gerar expectativas, inclusive porque o futuro empreendedor poderá encontrar local mais favorável para a SE.

Para cada uma das alternativas, apresentar imagens de satélite com maior nível de detalhamento (área do terreno), além de fotografias dos terrenos analisados e, opcionalmente, sobrevoo de *drone*.

Na comparação das alternativas locacionais, considerar fatores de infraestrutura, situação fundiária, aspectos do meio físico (profundidade dos solos, presença de afloramentos rochosos e áreas úmidas ou suscetíveis a inundações) e obras específicas demandadas no terreno e entorno, como por exemplo, cortes e aterros, alteamento do terreno, drenagem e fundações especiais, obras de contenção de talude, necessidade de uso de explosivos e outras especificidades.

Ao final deste capítulo, apontar o terreno mais propício para a implantação da subestação planejada, verificando se a alternativa selecionada comporta a área final indicada no Relatório R4, conforme disposto no item 6.1. Deverá haver articulação com a equipe do Relatório R5 (custos fundiários), de forma a se indicar o local mais favorável considerando também a situação fundiária e o custo dos terrenos.

3.7.3 Projeto Civil e Obras de Implantação da Subestação

Para a alternativa selecionada, indicar a previsão de obras complementares, como pavimentação de vias, bem como cortes e aterros, alteamento do terreno, drenagem e fundações especiais, obras de contenção de talude, necessidade de uso de explosivos e outras especificidades.

Essas características deverão ser apresentadas de forma sintetizada na Ficha-Resumo constantes do Anexo 1.

4 CONCLUSÃO

Resumir de forma sucinta as principais dificuldades, técnicas de construção previstas e fatores de sobrecusto identificados para a implantação da LT e da SE.

5 REFERÊNCIAS

Relacionar a bibliografia e demais referências consultadas para a realização dos estudos.

6 EQUIPE TÉCNICA

Listar a equipe técnica multidisciplinar responsável pela elaboração do estudo, com as respectivas áreas de atuação e número de inscrição nos órgãos de classe. **É necessário**

que haja, entre os integrantes da equipe, um engenheiro de projeto e de construção de linha especializado em LTs subterrâneas.

7 ANEXOS

ANEXO 1

FICHAS-RESUMO DA LINHA DE TRANSMISSÃO E SUBESTAÇÃO

MODELO DE FICHA-RESUMO DE LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA

Dados da diretriz de traçado da linha de transmissão subterrânea planejada (nome e tensão)			
Extensão (km) ____		Número estimado de caixas de emenda ____	
Interferências diretas			
□ Linhas de Transmissão e Distribuição Subterrâneas Quantidade ____		□ Vias de transito rápido e arteriais Quantidade ____	
□ Dutos subterrâneos (gasodutos, oleodutos, adutoras) Quantidade ____			
□ BRTs Quantidade ____		□ Cursos d'água Quantidade ____	
□ Hospitais e escolas Quantidade ____		□ Sítios arqueológicos e paleontológicos Quantidade ____	
□ Comunidades tradicionais Quantidade ____		□ Áreas alagáveis / inundáveis Quantidade ____	
Condições dos solos			
□ Presença de solos saturados (água)	□ Presença de solos arenosos (alto teor de ar)	□ Presença de solos com alto teor de matéria orgânica	
Trânsito			
□ Vias de trânsito rápido 80 km/h Extensão (km) ___	□ Vias arteriais 60 km/h Extensão (km) ___	□ Vias coletoras 40 km/h Extensão (km) ___	□ Vias locais 30 km/h Extensão (km) ___

MODELO DE FICHA-RESUMO DE SUBESTAÇÃO

Dados da subestação planejada (nome e tensão(ões))		
□ Nova subestação	Área, considerando expansões futuras (m²) ___	N° linhas planejadas/tensão que se conectarão na subestação ____
□ Ampliação de subestação existente	Área para ampliação (m²) ___	N° linhas planejadas/tensão que se conectarão na subestação ____
Acessos		
□ Necessidade de construção de acesso Estimativa de extensão (km) ____		□ Necessidade de construção de infraestrutura adicional para acesso (ex.: ponte) Especificar: _____
Uso do Solo Predominante		
□ Área rural □ Área urbana	Descrição sucinta:	
Intervenções previstas no terreno		
□ Necessidade de terraplenagem		

ANEXO 2

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

O Relatório Fotográfico deverá conter fotos de pontos notáveis ao longo da diretriz de traçado, tais como: proximidade com áreas sensíveis às obras de implantação da LT, conforme definidas no item 3.6 (unidades de saúde – hospitais, postos de saúde, unidades de pronto atendimento etc. – e estabelecimentos de ensino – escolas, faculdades etc.), entre outras que possam vir a ser identificadas como tal pela equipe responsável pela elaboração do R3.

O relatório deve apresentar uma tabela índice de fotografias contendo o número, a data, o local e breve descrição da foto, conforme exemplo apresentado na Tabela A.1.

Tabela A.1: exemplo da tabela índice das fotografias

Fotografia	Data	Local	Descrição
1	03/01/2018	Nome da rua, bairro, município	Parque da cidade
2	03/01/2018	Nome da rua, bairro, município	Hospital xxx

No Anexo 3 – Caderno de Mapas, deve constar um mapa de relatório fotográfico, que deverá conter a diretriz proposta, a malha viária, hidrografia, pontos de destaque e limites político-administrativos, incluindo as regiões administrativas, especificando o número e direção da tomada da fotografia, conforme Item 12.

As fotografias deverão ser inseridas num quadro informativo contendo a figura, código da fotografia, coordenadas, orientação, data e descrição dos aspectos relevantes observados na região de tomada da fotografia, conforme exemplo apresentado a seguir.

Todas as fotografias deverão ser citadas no texto, no(s) item(ns) pertinente(s).



Foto nº	17		
Coordenadas	**Latitude:** 3°6'41.51"S	**Longitude:** 51°41'41.23"O	
Sentido	Norte	**Data**	17/07/2014
Descrição Região nas proximidades de um córrego canalizado, com linhas de transmissão ao fundo.			

ANEXO 3
CADERNO DE MAPAS

Deverão ser apresentados, no mínimo, os mapas temáticos listados a seguir, abrangendo as alternativas de diretriz da linha de transmissão planejada, em escala apropriada e otimizada para folha formato no mínimo A3. Os mapas deverão ser numerados e citados ao longo do texto. Os mapas derivados de dados secundários devem identificar a instituição e a escala de elaboração do estudo original, a fim de distinguir da escala de visualização apresentada no Relatório R3, nos casos em que essas forem distintas.

Importante: todos os mapas deverão apresentar a diretriz de traçado proposta para a linha de transmissão, o local referencial das SEs, a malha viária (logradouros, rodovias e ferrovias), os limites político-administrativos e o mapa de localização com a articulação das folhas, quando houver. Caso seja possível georreferenciar ou obter base georreferenciada com os limites de bairros e regiões administrativas, esses limites deverão ser apresentados em pelo menos um dos mapas, ou num mapa específico para tal.

- **Mapa de Sistema de Transporte e Tráfego:** representar os principais modais de transporte e respectivos terminais, incluindo, entre outros, BRT, linhas de trem

e metrô e respectivas estações, linhas de VLT, faixas exclusivas e ciclovias, e níveis de tráfego nas vias, considerando o horário de pico.

- **Mapa de Infraestrutura Subterrânea, Áreas Protegidas e Áreas Sensíveis às Obras de Implantação da LT:** representar a infraestrutura subterrânea presente ao longo das áreas atravessadas pela diretriz, contemplando as redes de gás, água, esgoto e águas pluviais, linhas de transmissão subterrâneas, oleodutos, gasodutos, entre outros; áreas protegidas e/ou tombadas; e áreas sensíveis à implantação da LT, conforme definidas no item 3.6 (unidades de saúde – hospitais, postos de saúde, unidades de pronto atendimento etc. – e estabelecimentos de ensino – escolas, faculdades etc.), entre outras que possam ser identificadas pela equipe responsável pela elaboração do Relatório R3.
- **Mapa de Uso e Ocupação do Solo:** apresentar a diretriz de traçado sobre imagem de satélite de alta resolução, em escala de 1:10.000 ou outra de maior nível de detalhe. Indicar na imagem, para as áreas atravessadas pela diretriz, as tipologias de uso do solo (áreas residenciais, industriais, comerciais, de uso misto, grandes áreas institucionais, áreas de invasão, comunidades de baixa renda, conjuntos habitacionais, áreas de expansão urbana, áreas de chácaras, áreas de lazer e turismo – parques, paisagens naturais de beleza cênica, áreas históricas, de prática esportiva, dentre outras – praças, áreas com vegetação).
- **Mapa Zoneamento Municipal:** representar o zoneamento definido no Plano Diretor Municipal.
- **Mapa de Solos:** representar as classes de solos da área de estudo, destacando as áreas úmidas e solos rasos, se possível.
- **Mapa das Áreas Sujeitas a Alagamentos ou Inundações:** representar essas áreas tendo por base dados do CPRM, da Defesa Civil local e/ou de outras fontes eventualmente disponíveis.
- **Mapa do Relatório Fotográfico:** representar o arruamento e hidrografia, com simbologia especificando o número e direção da tomada da fotografia.