

**ANA LUISA MARTINS TORRES
JOHN PETER HALLAK NEILSON
PATRÍCIA MURAD QUINTERO
PEDRO ISMAEL VAZ PINTO
SARA MARTINS PION**

**ANÁLISE DE UM TRAÇADO ALTERNATIVO PARA O
FERROANEL NORTE DE SÃO PAULO**

Projeto de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, no âmbito do Curso de
Engenharia Civil

São Paulo
2012

**ANA LUISA MARTINS TORRES
JOHN PETER HALLAK NEILSON
PATRÍCIA MURAD QUINTERO
PEDRO ISMAEL VAZ PINTO
SARA MARTINS PION**

**ANÁLISE DE UM TRAÇADO ALTERNATIVO PARA O
FERROANEL NORTE DE SÃO PAULO**

Projeto de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, no âmbito do Curso de
Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. Ettore J. Bottura

São Paulo
2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Torres, Ana Luisa Martins

Análise de um traçado alternativo para o Ferroanel Norte de São Paulo / A.L.M. Torres, J.P.H. Neilson, P.M. Quintero, P.I.V. Pinto, S.M. Pion. -- São Paulo, 2012.

171 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transporte.

1. Ferrovias 2. Vias perimetrais 3. Ferroanel 4. Viabilidade financeira I. Neilson, John Peter Hallk II. Quintero, Patrícia Murad III. Pinto, Pedro Ismael Vaz IV. Pion, Sara Martins V. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transporte VI. t.

AGRADECIMENTOS

À equipe do Laboratório de Tecnologia de Pavimentação, em especial à Prof^a. Dr^a. Liedi Légi Bariani Bernucci pela sugestão e direcionamento do estudo paramétrico e ao mestrando Tiago Vieira pela ajuda e pelo apoio na formulação dos estudos.

A toda equipe da Vetec Engenharia Ltda., em especial à Eng^a. Maki Arakawa, ao Arqt. Thiago Von Zeidler Gomes e ao projetista Antônio José Ferreira, pelo apoio e colaboração na elaboração do trabalho.

Por fim, ao Prof. Dr. Ettore José Bottura, cuja orientação foi determinante para o sucesso do trabalho.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Histórico	5
1.2	O Ferroanel Norte	7
2	OBJETIVOS	9
2.1	Objetivos gerais	9
2.2	Objetivos específicos	9
3	JUSTIFICATIVA E METODOLOGIA	10
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
5	CONSIDERAÇÕES SOBRE A DEMANDA	13
6	ESTUDOS E PROJETOS	17
6.1	Estudos	17
6.1.1	Estudos Operacionais e Características Técnicas.....	17
6.1.2	Estudos Geológicos/Geotécnicos	19
6.1.3	Estudos Hidrológicos	21
6.2	Projetos	25
6.2.1	Projeto Geométrico	25
6.2.2	Projeto de Terraplenagem	30
6.2.3	Projeto de Drenagem.....	32
6.2.4	Túneis.....	34
6.2.5	Pontes e Viadutos.....	36
6.2.6	Via permanente	37
6.2.7	Principais Quantidades.....	51
7	ASPECTOS AMBIENTAIS	52
8	CUSTOS	61
8.1	Custos de Implantação.....	61
8.2	Custos Operacionais e de Aquisição de Material Rodante	65
9	RECEITA.....	66
10	ANÁLISE DE VIABILIDADE	69
10.1	Viabilidade Financeira.....	69
10.2	Avaliação Econômica.....	74
10.2.1	Resultados obtidos.....	78
10.2.2	Algumas Externalidades.....	80
11	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
12	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
	ANEXOS	87

RESUMO

O Brasil destaca-se por ser um grande produtor de *commodities* (produtos de baixo valor agregado, mas considerável volume) e por suas extensas dimensões territoriais, sendo necessária a implantação de um sistema de transporte para realizar a movimentação do alto volume de cargas, com capacidade de vencer longas distâncias de forma eficaz e eficiente. Assim, o modal ferroviário é aquele que melhor se encaixa nessas características. Na Região Metropolitana de São Paulo, as elevadas demandas de carga e passageiros exigem especial atenção neste contexto. Para contornar os conflitos entre estas duas demandas, torna-se essencial a implantação do Ferroanel Norte, que permitirá a transposição do tráfego ferroviário de carga proveniente da região do Vale do Paraíba, que se destina às regiões Norte e Oeste do Estado, além de possibilitar a movimentação de cargas das regiões de Campinas e Grande São Paulo para o Porto de Santos, via cremalheira. Desse modo, pretende desafogar as linhas para a CPTM, evitando a passagem de trens de carga por dentro da cidade de São Paulo. Considerando os traçados propostos para este anel ferroviário em 2005 e 2011, foi realizado um estudo complementar de uma terceira alternativa, que combina aspectos de ambos os traçados e variantes. De posse deste, realizou-se uma análise financeira, levando em conta as projeções de demanda, custos e receitas, e Parceria Público-Privada (PPP), obtendo-se uma Taxa Interna de Retorno favorável com aporte do Poder Público equivalente a 50% do custo da infraestrutura. Além disso, o traçado proposto não oferece grandes obstáculos à viabilidade técnica e ambiental, e proporciona efeitos positivos para a sociedade como um todo. Percebe-se assim, a importância da busca por melhorias de traçado, além de benefícios econômicos e variações de custos que estas poderiam trazer, sempre visando à escolha da alternativa mais adequada.

PALAVRAS-CHAVE: FERROANEL. PROJETO. VIABILIDADE FINANCEIRA.

ABSTRACT

Brazil has always been a major producer of commodities (products with low added value, but considerable volume) and known for its extensive area, in need of a transportation system that could move high loads of cargo, capable of overcoming long distances effectively and efficiently. Thus, the railroad is the alternative that fits best those characteristics. In the Metropolitan Region of São Paulo, high cargo and passenger demands require special attention in this scenario. The design of Ferroanel Norte, which will allow the transposition of rail freight from the region of Vale do Paraíba to North and West of the State, as well as moving cargo between Campinas, São Paulo and Port of Santos, via rack railway, becomes essential to solve the existing conflicts between these two demands, thereby relieving CPTM lines, avoiding the passage of freight trains through the city of São Paulo. Taking into consideration the routes proposed for this railway ring in 2005 and 2011, a third alternative was analyzed, combining aspects from both routes and variants. Afterwards, a financial analysis was done, based on demand, costs (undercarriage, CAPEX and OPEX) and revenue projections, and a Public-Private Partnership (PPP), obtaining favorable Internal Rate of Return with Government contribution equivalent to 50% of infrastructure costs. The proposed route doesn't offer major obstacles of technical and environmental nature, also being the cause of positive effects for society as a whole. It can be seen that a study of variants and the search for route improvements are really important, just as the economic benefits and costs changings that they could bring, always having at heart the choice of the most adequate alternative.

KEY-WORDS: FERROANEL. DESIGN. FINANCIAL VIABILITY.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Participação dos diferentes grupos de produtos, segundo intensidade tecnológica, nas exportações brasileiras (2000 a 2010) (Em %) – Fonte: Ipea	1
Figura 2 - Valor e participação de algumas <i>commodities</i> na pauta de exportações....	2
Figura 3- Sistema ferroviário do Brasil (Pesquisa CNT de Ferrovias – 2011)	4
Figura 4- Malha Ferroviária de São Paulo com Ferroanel.....	6
Figura 5 - Mapa da MRS (Pesquisa CNT de Ferrovias – 2011)	8
Figura 6 - Sistemas dutoviário (em verde) e hidroviário (em azul) para transporte do etanol (Fonte: Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)).....	15
Figura 7 - Crescimento anual médio do PIB (1997-2012)	16
Figura 8 - Mapa Geológico de São Paulo (CPRM - Serviço Geológico do Brasil).....	20
Figura 9 - Mapa de localização do traçado alternativo para o Ferroanel Norte em relação aos municípios do Estado de São Paulo	21
Figura 10 - Mapa de localização do traçado alternativo para o Ferroanel Norte em relação às bacias hidrográficas do Estado de São Paulo	22
Figura 11 - Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo e suas vocações econômicas (Fonte: SMA)	23
Figura 12 - Seção transversal típica (sem escala)	30
Figura 13 - Seção via dupla – detalhes (sem escala).....	31
Figura 15 - Seção transversal de túnel em rocha (sem escala)	35
Figura 14 - Seção transversal de túnel em solo (sem escala).....	35
Figura 16 - Seção tipo de obras de arte (sem escala).....	36
Figura 17 - Detalhe da via permanente	37
Figura 18 - Viga continuamente apoiada sobre base elástica	38
Figura 19- Elemento infinitesimal do trilho em equilíbrio	38
Figura 20 - Gráfico de influência do espaçamento entre dormentes na distribuição de forças na via permanente	43
Figura 21 - Gráfico de influência do módulo de via na distribuição de forças na via permanente	45
Figura 22 - Gráfico de influência do carregamento por eixo na distribuição de forças na via permanente.....	47
Figura 23 - Gráfico de influência do fator de incremento dinâmico na distribuição de forças na via permanente	48
Figura 24 - Gráfico de influência do momento de inércia do trilho na distribuição de forças na via permanente (valores de I em 10^{-5} m^4)	50
Figura 25 - Parques Estaduais do Itaberaba e do Itapetinga, Floresta Estadual de Guarulhos e Monumento Natural Estadual da Pedra Grande – Mapa da Secretaria do Meio Ambiente (2010)	53
Figura 26 - Localização do traçado proposto em relação às novas Unidades de Conservação	54
Figura 27 - Redes de interação (1).....	58
Figura 28 - Redes de interação (2).....	59
Figura 29 – Redes de interação (3).....	60
Figura 30 - Simulador tarifário disponível no site da ANTT	66
Figura 31 - Matriz de distâncias ferroviárias entre as diferentes origens e destinos .	66
Figura 32 - Modelo de Análise Financeira.....	71
Figura 33 - Gráfico Aporte do Poder Público x TIR	72
Figura 34 - PBTC 41,5 t (DNIT, 2006).....	77

Figura 35 – Saldo em caixa acumulado para taxa de juros de 5,5% a.a.....	78
Figura 36 - "Fluxo de caixa" para a situação descrita	78
Figura 37 - Saldo em caixa acumulado para o cenário proposto para análise de sensibilidade.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz do transporte de cargas no Brasil (Boletim Estatístico da CNT – mar/2012).....	3
Tabela 2 - Situação atual da malha ferroviária brasileira (Boletim Estatístico da CNT – mar/2012).....	4
Tabela 3 - Demandas potenciais com Ferroanel, segundo estudo do BNDES (2007)	14
Tabela 4 - Projeções para o crescimento anual da demanda em função do PIB	15
Tabela 5 - Demanda potencial com Ferroanel, atualizada e com projeções	16
Tabela 6 - Principais características técnicas.....	17
Tabela 7 - Postos de cruzamento.....	18
Tabela 8 – Bacia Hidrográfica do Rio Tietê: dados de área e população das UGHRIs 5 e 6 (Fonte: São Paulo (2005) e IBGE (2011), elaborado por SMA/CPLA (2012))..	23
Tabela 9 - Uso do solo na área diretamente afetada e entorno	24
Tabela 10 - Comprimento da transição em função do raio.....	26
Tabela 11 - Tabela de Curvas Horizontais	27
Tabela 12 - Alinhamento Vertical	29
Tabela 13 - Túneis do traçado proposto e respectivos comprimentos	34
Tabela 14 - Obras de Arte Especiais do traçado e respectivos comprimentos	36
Tabela 15 - Limites inferiores, limites superiores e valores de projeto para os parâmetros do estudo	42
Tabela 16 - Parâmetros utilizados no estudo 1	43
Tabela 17 - Resultados do modelo para a variação do espaçamento entre dormentes	44
Tabela 18 - Relação entre valores de módulo de via e seu desempenho.....	45
Tabela 19 - Parâmetros utilizados no estudo 2	45
Tabela 20 - Resultados do modelo para a variação do módulo de via.....	46
Tabela 21 - Parâmetros utilizados no estudo 3	47
Tabela 22 - Resultados do modelo para a variação do carregamento por eixo	47
Tabela 23 - Parâmetros utilizados no estudo 4	48
Tabela 24 - Resultados do modelo para a variação do Fator de Incremento Dinâmico	49
Tabela 25 - Parâmetros utilizados no estudo 5	49
Tabela 26 - Resultados do modelo para a variação do momento de inércia do trilho	50
Tabela 27 - Principais quantidades	51
Tabela 28 - Unidades de Conservação e respectivas localizações e referências legais.....	55
Tabela 29 - Etapas do empreendimento e principais ações.....	56
Tabela 30 - Principais aspectos ambientais para cada meio	57
Tabela 31 – Preços unitários – mar/2012.....	61
Tabela 32 – Preços Unitários (FIA – 2006)	62
Tabela 33 – Valores de IPCA (FGV)	62
Tabela 34 - Valores atualizados segundo IPCA (em R\$ milhões).....	62
Tabela 35 - Custos de implantação (componentes 2 a 8)	63
Tabela 36 - Custos de Implantação Totais.....	64
Tabela 37 - Distâncias Ferroviárias – Revista do BNDES, Rio de Janeiro, V.12, N.24, P.189-210, DEZ 2005.....	67
Tabela 38 - Tarifas segundo simulador tarifário da MRS Logística S.A.	68

Tabela 39 - Receitas potenciais anuais.....	68
Tabela 40 - Considerações do modelo de análise financeira	69
Tabela 41 – Valores de TIR para cada parcela de aporte do poder público	72
Tabela 42 - Simulação com redução de 10% na demanda e aumento de 10% nos custos de implantação.....	73
Tabela 43 - Simulação com redução de 25% na demanda e aumento de 25% nos custos de implantação.....	74
Tabela 44 - Distâncias Ferroviárias – Revista do BNDES, Rio de Janeiro, V.12, N.24, P.189-210, DEZ 2005.....	75
Tabela 45 - Custos Rodoviários por tipo de produto (Estudo Corredor Bioceânico, 2011)	76
Tabela 46 - Custo total por produto (transporte rodoviário).....	76
Tabela 47– Custo total do pedágio.....	77
Tabela 48 - Custo total por produto (transporte ferroviário)	77

LISTA DE ABREVIATURAS

Ipea: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

CNT: Confederação Nacional do Transporte

RMSP: Região Metropolitana de São Paulo

CPTM: Companhia Paulista de Trens Metropolitanos

RFFSA: Rede Ferroviária Federal S.A.

FCA S.A.: Ferrovia Centro-Atlântica S.A.

EFVM: Estrada de Ferro Vitória a Minas

ALL: América Latina Logística

OAC: Obra de Arte Corrente

BNDES: Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social

SNV: Sistema Nacional de Viação

PDDT: Plano Diretor de Desenvolvimento dos Transportes

ANTT: Agência Nacional de Transportes Terrestres

FIA: Fundação Instituto de Administração

PAC: Programa de Aceleração do Crescimento

PIB: Produto Interno Bruto

SCN: Sistema de Contas Nacionais

AMV: Aparelho de Mudança de Via

AREMA: American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association

CPRM: Serviço Geológico do Brasil (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais)

UGRHI: Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SMA: Secretaria do Verde e Meio Ambiente

CPLA: Coordenadoria de Planejamento Ambiental

EMPLASA: Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A

OAE: Obra de Arte Especial

FID: Fator de Incremento Dinâmico

UC: Unidade de Conservação

CONDEPHAAT: Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico

CAPEX: Capital Expenditure

OPEX: Operational Expenditure

Abifer: Associação Brasileira da Indústria Ferroviária

EIA: Estudo de Impacto Ambiental

RIMA: Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente

IPCA: Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

FGV: Fundação Getúlio Vargas

IR: Imposto de Renda

CSLL: Contribuição Social sobre o Lucro Líquido

TIR: Taxa Interna de Retorno

REIDI: Regime Especial de Incentivos ao Desenvolvimento da Infraestrutura

PIS: Programa de Integração Social

PASEP: Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

COFINS: Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

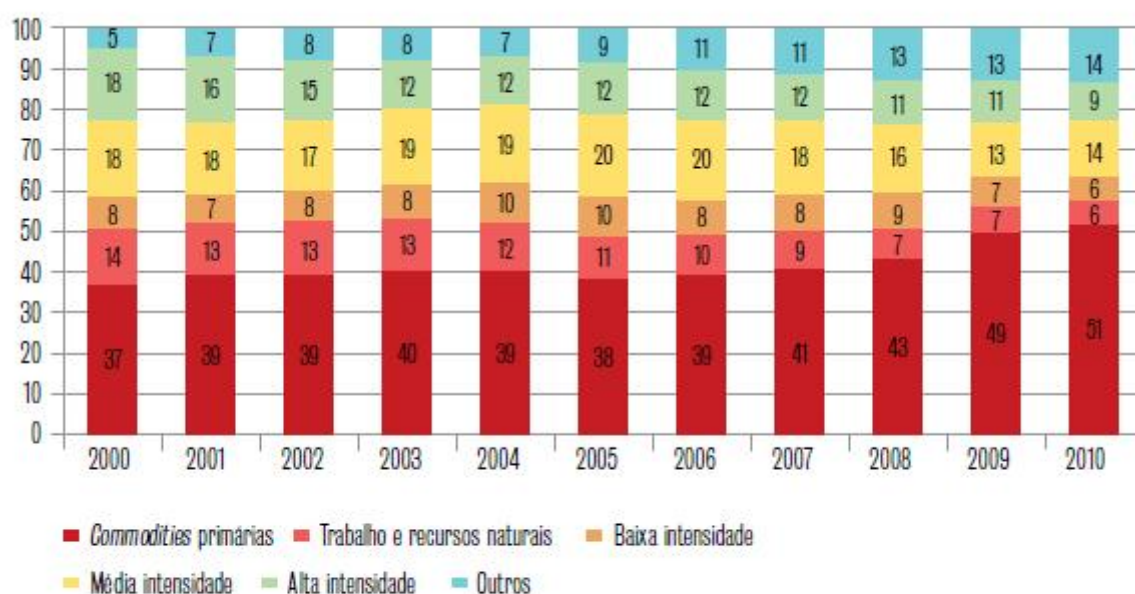
WACC: Weighted Average Cost of Capital

PPP: Parceria Público-Privada

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

1 INTRODUÇÃO

O Brasil sempre foi um grande produtor de *commodities* (produtos de baixo valor agregado, mas considerável volume). Sua produção vem se tornando cada vez mais expressiva no cenário econômico atual, tanto no mercado interno como no externo. Segundo pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), “entre 2007 e 2010, a participação das *commodities* primárias na pauta de exportações brasileiras saltou dez pontos percentuais, de 41% para 51%, depois de ter estacionado no patamar dos 40% nos anos 1990”, como pode ser observado no gráfico abaixo, da mesma fonte.

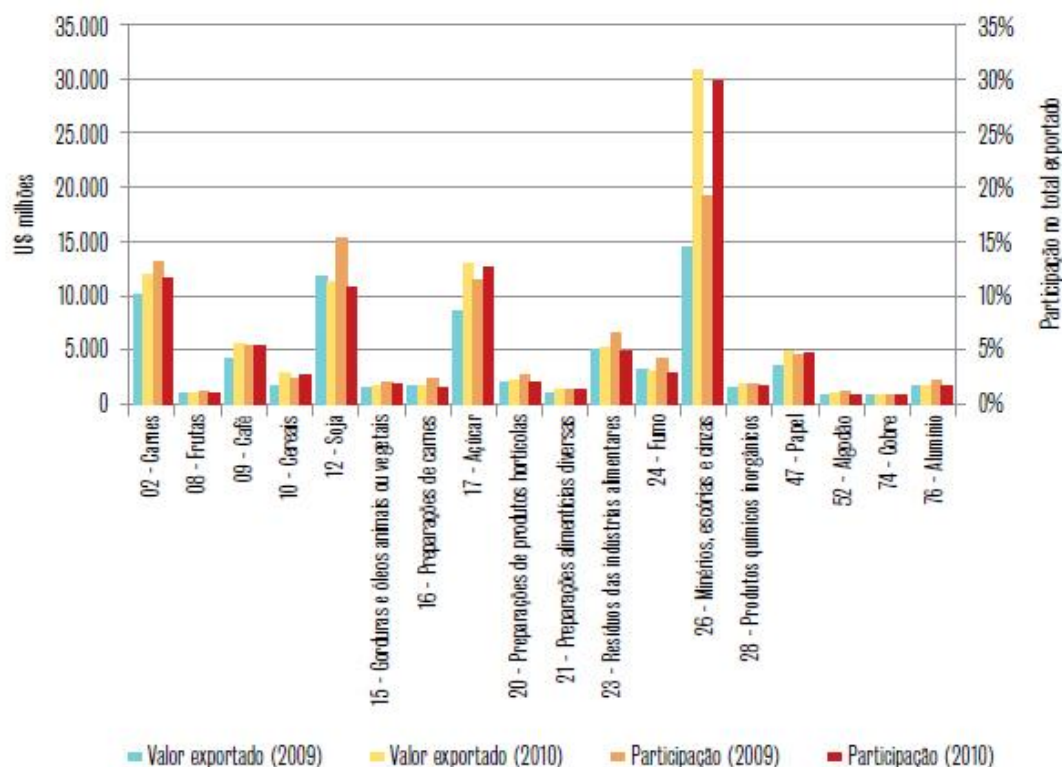


Fonte: Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Secex/MDIC). Elaboração dos autores.

Obs.: Classificação por intensidade tecnológica feita com base na metodologia disponível em UNCTAD (2002).

Figura 1 - Participação dos diferentes grupos de produtos, segundo intensidade tecnológica, nas exportações brasileiras (2000 a 2010) (Em %) – Fonte: Ipea

Também é possível notar que o minério de ferro e seus produtos respondem por grande parte da produção, como apresentado abaixo (Ipea).



Fonte: Secex/MDIC — Dados elaborados por Fernanda De Negri e Gustavo Varela de Alvarenga

Figura 2 - Valor e participação de algumas *commodities* na pauta de exportações

Além disso, o país é conhecido pelas grandes dimensões de sua extensão territorial, totalizando uma área de 8.514.876,599 km², segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Verifica-se, neste contexto, a necessidade de se implantar um sistema de transporte para realizar a movimentação do alto volume de cargas, que seja capaz de vencer longas distâncias de forma eficaz e eficiente.

O modal ferroviário é bastante indicado neste caso, porque proporciona transporte mais barato para grandes volumes de carga em percursos de longa distância, em especial graneis (grãos e minérios) e contêineres.

Contudo, é pequena sua participação na matriz de transporte de cargas no país, considerado o seu potencial. Grande parte deste transporte ainda é feito pelo modal rodoviário, como pode ser observado na tabela abaixo, presente no Boletim Estatístico da Confederação Nacional do Transporte (CNT), de março de 2012. Isso se deve ao fato de que o sistema de transporte ferroviário brasileiro ainda apresenta falhas, devidas principalmente a motivos históricos, políticos e econômicos.

Tabela 1 - Matriz do transporte de cargas no Brasil (Boletim Estatístico da CNT – mar/2012)

Matriz do Transporte de Cargas		
Modal	Milhões (TKU)	Participação (%)
Rodoviário	485.625	61,1
Ferroviário	164.809	20,7
Aquaviário	108.000	13,6
Dutoviário	33.300	4,2
Aéreo	3.169	0,4
Total	794.903	100,0

Desde meados do século XX, o transporte sobre trilhos sofre, no Brasil, uma defasagem técnica-institucional em relação aos outros modos de transporte. As causas desta deficiência não são simples ou diretas e fazem parte de todo um processo histórico de desmantelamento das ferrovias (Gonçalves, 2005).

Com o processo de industrialização no país a partir da década de 1930, foi gerado um maior número de pontos de origem e destino, além do maior fracionamento das cargas transportadas, favorecendo o uso das rodovias, que oferecem opção de transporte de maior agilidade e capilaridade. Até então, o transporte de produtos primários para exportação era feito essencialmente por meio das ferrovias do país, que começaram a entrar em decadência.

Tentou-se recuperar a malha ferroviária a partir dos anos 1950, mas os investimentos foram altamente prejudicados pela crise fiscal dos anos 1980. Linhas e material rodante e de tração começavam a atingir estado precário de conservação.

Em 1996, decidiu-se que o sistema de transporte ferroviário, estatizado nos anos 1950, se tornaria objeto de concessões. Desde então, as concessionárias, por meio de seus investimentos, foram responsáveis por aumentar a produtividade e o volume de carga movimentado, capacitação e desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias. Isto tornou este modo de transporte uma alternativa bastante atraente para complementar o transporte rodoviário de cargas, auxiliando na integração socioeconômica entre as regiões brasileiras.

Por essas razões, estudos e projetos que envolvem a implantação e operação de ferrovias tem se tornado cada vez mais importantes e necessários para o desenvolvimento socioeconômico e sustentável do país.

Abaixo é apresentada a situação atual da malha ferroviária brasileira, que conta com uma extensão de mais de 30 mil km, sendo aproximadamente 28 mil deles concessionados, segundo dados do Boletim Estatístico da CNT, de março de 2012. O mapa (fonte: Pesquisa CNT de Ferrovias – 2011) permite visualizar a localização das ferrovias no território brasileiro e suas respectivas concessionárias.

Tabela 2 - Situação atual da malha ferroviária brasileira (Boletim Estatístico da CNT – mar/2012)

FERROVIÁRIO			
Malha Ferroviária - extensão em Km		Material Rodante	
Total Nacional*	30.051	Vagões	92.814
Total Concedida	28.614	Locomotivas	3.014
*incluindo malha de trens urbanos, turísticos, metrô e outros			
Concessionárias	11	Nº de Passagens em Nível	
Malhas concedidas*	12	Total	12.289
*VALEC é operacionalizada pela Vale		Críticas	2.659
		Prioritárias	276
Malha por Concessionária - extensão em Km		Velocidade Média Operacional	
ALL do Brasil S.A.	11.738	Brasil	25 Km/h
FCA - Ferrovia Centro-Atlântica S.A.	8.066	EUA	80 Km/h
MRS Logística S.A.	1.674		
Outras	7.136		
Total	28.614		



Figura 3- Sistema ferroviário do Brasil (Pesquisa CNT de Ferrovias – 2011)

1.1 Histórico

No ano 2000, a Secretaria de Transportes do Estado realizou o primeiro estudo para viabilizar a obra de um anel ferroviário na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A proposta inicial era começar a construção do Ferroanel pelo tramo sul, entre as estações Evangelista de Souza, pertencente à linha 9 Esmeralda da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), no extremo sul de São Paulo, próxima à Serra do Mar, e Rio Grande da Serra, pertencente à linha 10 Turquesa da CPTM.

Em 2005, foi realizado um novo estudo que propunha o início da construção do Ferroanel pelo trecho Norte, ligando as estações Engenheiro Manoel Feio, no município de Itaquaquecetuba, e Campo Limpo Paulista, na qual passam trens vindos de Campinas. Esta mudança ocorreu devido ao fato de o trecho Norte contribuir mais significativamente para desafogar as linhas para a CPTM, já que as cargas movimentadas na RMSP não mais poderão ser transportadas nas janelas de ociosidade das operações de passageiros da CPTM, a partir de 2015.

Posteriormente, em 2011, os Governos Federal e Estadual recomeçaram as negociações do Ferroanel de São Paulo, projeto estratégico do setor ferroviário. Optou-se por uma nova configuração: o traçado do Ferroanel Norte deverá seguir paralelo aos trechos Leste e Norte do Rodoanel, ligando a estação Engenheiro Manoel Feio à estação Perus, pertencente à linha 7 Rubi da CPTM.

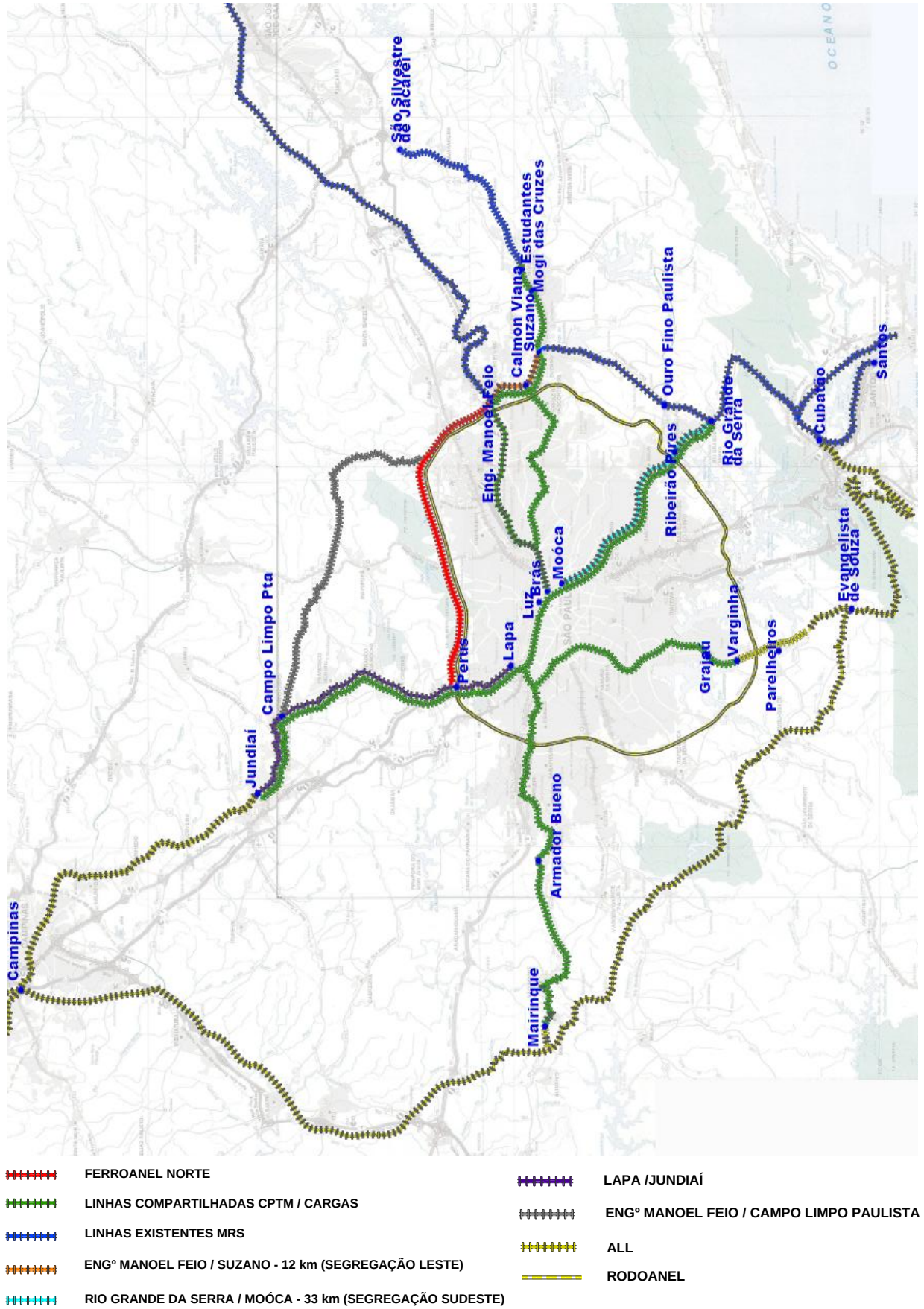


Figura 4- Malha Ferroviária de São Paulo com Ferroanel

1.2 O Ferroanel Norte

Atualmente, o transporte ferroviário de cargas e passageiros pela Grande São Paulo faz uso das mesmas vias permanentes. O peso elevado e a baixa velocidade praticada na operação de composições de carga, somados à necessidade de maior velocidade comercial e regularidade de tempos de viagem no transporte de passageiros, tornam inviável sua operação simultânea.

Desta forma, o transporte ferroviário de carga pela RMSP deve ser realizado durante as janelas de ociosidade nas operações de passageiros da CPTM. Isso significa que as operações de cargas só podem ser feitas das 9h às 15h e das 21h às 3h.

Projeções de demanda e de adensamento urbano indicam que há uma tendência de agravamento da situação, gerando um gargalo de grandes proporções ao avanço da economia na RMSP.

Para contornar tal obstáculo, torna-se essencial o projeto do Ferroanel Norte, que permitirá a transposição do tráfego ferroviário de carga proveniente da região do Vale do Paraíba, que se destina às regiões Norte e Oeste do Estado, além de possibilitar a movimentação de cargas das regiões de Campinas e Grande São Paulo para o Porto de Santos, via cremalheira. Desse modo, pretende desafogar as linhas para a CPTM, evitando a passagem de trens de carga por dentro da cidade de São Paulo.

As melhorias previstas com a implantação do projeto são:

- Diminuição dos intervalos entre os trens da CPTM, melhorando o serviço para a população que utiliza os trens e que cresce muito rapidamente;
- Aumento de fluxo de trens;
- Aumento da segurança nos trilhos;
- Melhoria das condições de tráfego na malha rodoviária, já que o fluxo de caminhões nas estradas e centros urbanos diminuirá;
- Aumento no volume de cargas transportadas diariamente na capital.

Considera-se que as operações no Ferroanel Norte serão praticadas pela MRS Logística S.A., por ser este o cenário mais provável, dado que esta concessionária já é responsável pela Malha Sudeste (visualizada no mapa abaixo) desde setembro de 1996, pertencente à Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) até então.

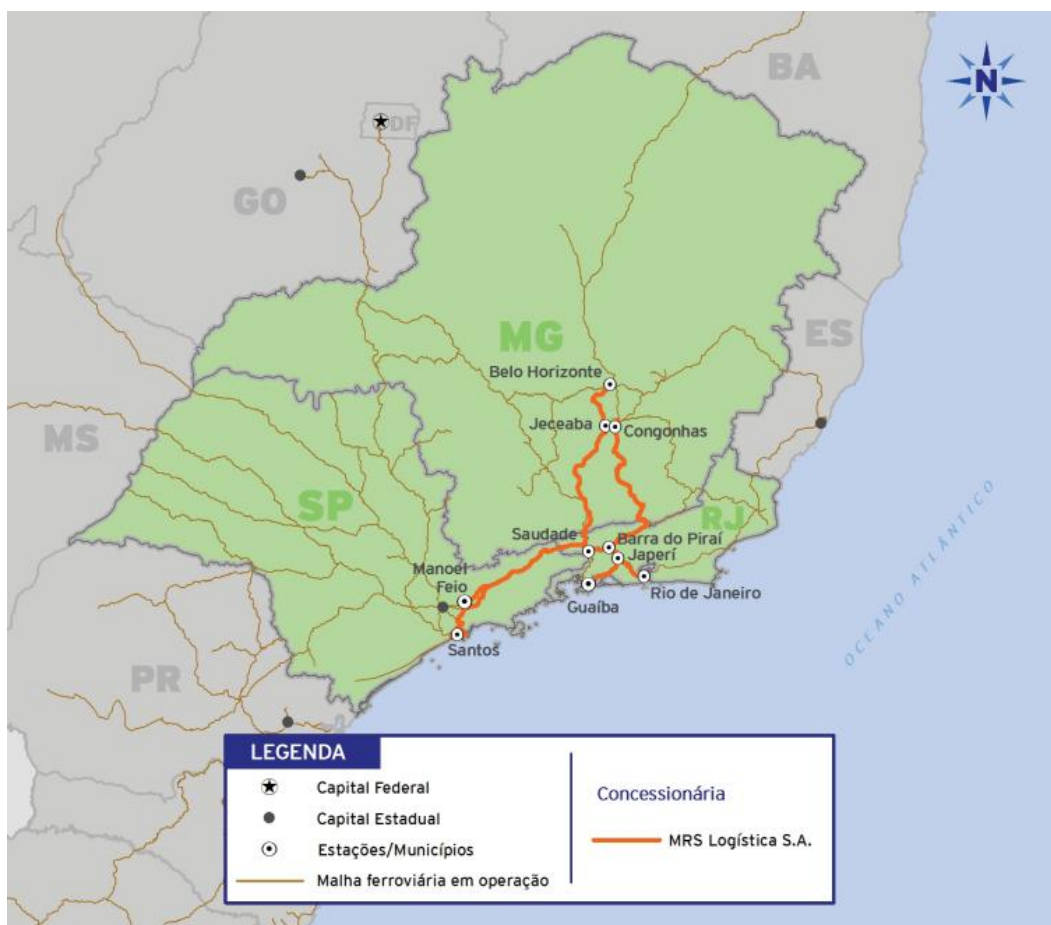


Figura 5 - Mapa da MRS (Pesquisa CNT de Ferrovias – 2011)

Segundo dados da Pesquisa CNT de ferrovias de 2011, tal malha possui 1.674 km de extensão (sendo 1.632 km em bitola métrica e 42 km em bitola mista); pontos de conexão com a Ferrovia Centro-Atlântica (FCA S.A.), Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM), América Latina Logística (ALL) Malha Paulista e Supervia (concessionária de trens urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro); 404 locomotivas e 6.979 vagões próprios e 258 locomotivas e 10.132 vagões de terceiros.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

O objetivo deste se traduz em compreender a importância do estudo de variantes e identificar possíveis melhorias de traçado, benefícios econômicos e variações de custos que elas poderiam trazer, sempre visando à escolha da alternativa mais adequada e, através deste estudo, destacar a importância do projeto de um anel ferroviário para o transporte (tanto de carga, diretamente, como de passageiros, indiretamente), na Região Metropolitana de São Paulo.

2.2 Objetivos específicos

Neste documento, pretende-se apresentar o histórico do projeto de implantação do Ferroanel de São Paulo e, de forma mais profunda e detalhada, estudar os principais aspectos e características dos diferentes traçados propostos para o Ferroanel Norte, de forma que, a partir deles, se possa propor um traçado alternativo.

A alternativa proposta será explorada de forma a abordar suas variações em relação aos traçados anteriores, através de estudos operacionais, geológicos e geotécnicos e hidrológicos; projetos geométrico, de terraplenagem, drenagem e obras de arte correntes (OACs); estudos sobre a via permanente e aspectos ambientais. Com as informações obtidas, serão destacadas particularidades do traçado alternativo e possíveis dificuldades de sua implantação.

A partir dos estudos acima e com base em projeções de demanda e custos (de operação, de manutenção e de implantação), será apresentado um estudo de viabilidade, tanto econômica como financeira, incluindo análises de sensibilidade frente a alguns cenários.

3 JUSTIFICATIVA E METODOLOGIA

O projeto de um anel ferroviário para transporte de cargas na RMSP vem recebendo destaque na mídia brasileira. Além disso, o tema é constantemente discutido pelas autoridades e pelos profissionais da área de transportes.

A implantação do Ferroanel interferiria significativamente no sistema de transportes da RMSP.

A grande importância do tema levou a um comum interesse em estudar o trecho do Ferroanel Norte, permitindo um estudo interdisciplinar. Surgiram questionamentos quanto à adequação do traçado proposto em 2011 (que seguiria paralelo aos trechos Leste e Norte do Rodoanel, ligando a estação Engenheiro Manoel Feio à estação Perus, pertencente à linha 7 Rubi da CPTM), envolvendo, entre outros, a necessidade de transporte da carga entre a estação Perus e a estação Campo Limpo Paulista, já que este traçado não eliminaria a necessidade de compartilhamento de vias entre composições de carga e passageiros. A possibilidade de segregação de via no trecho é considerada inviável, devido às limitações que este apresenta à operação de trens de carga.

Para realização deste trabalho, serão feitas pesquisas baseadas em estudos anteriores do Ferroanel, documentos fornecidos pela empresa VETEC Engenharia LTDA., dados fornecidos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e na literatura, que fornecerão condições para um novo estudo, análises e apresentação de resultados.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como consta da Lei nº 12.379, de 6 de janeiro de 2011, que “dispõe sobre o Sistema Nacional de Viação – SNV, sua composição, objetivos e critérios para sua implantação”, no art. 20º, o Subsistema Ferroviário Federal:

“é constituído pelas ferrovias existentes ou planejadas, pertencentes aos grandes eixos de integração interestadual, inter-regional e internacional, que satisfaçam a pelo menos um dos seguintes critérios:

I - atender grandes fluxos de transporte de carga ou de passageiros;

II - possibilitar o acesso a portos e terminais do Sistema Federal de Viação;

III - possibilitar a articulação com segmento ferroviário internacional;

IV - promover ligações necessárias à segurança nacional”

e, assim como os demais Subsistemas Federais de Viação (Rodoviário, Aquaviário e Aeroaviário), tem como objetivo (capítulo II, art. 4º):

“I - assegurar a unidade nacional e a integração regional;

II - garantir a malha viária estratégica necessária à segurança do território nacional;

III - promover a integração física com os sistemas viários dos países limítrofes;

IV - atender aos grandes fluxos de mercadorias em regime de eficiência, por meio de corredores estratégicos de exportação e abastecimento;

V - prover meios e facilidades para o transporte de passageiros e cargas, em âmbito interestadual e internacional”.

A Secretaria de Transportes do Estado de São Paulo, em publicação em seu respectivo sítio na internet, defende que “a área de logística e transporte é uma das prioridades do Governo do Estado de São Paulo, por entender que a mobilidade e acessibilidade levam ao desenvolvimento, encurtam distâncias sociais e tornam o produto nacional mais competitivo” e dá destaque ao Plano Diretor de Desenvolvimento de Transporte (PDDT), apresentando-o como “instrumento de planejamento contínuo que, a partir de um diagnóstico do sistema atual, da identificação dos seus gargalos e pontos críticos estabelece as estratégias institucionais, de investimento e gestão, indicando as ações prioritárias das políticas públicas para o setor”, para “construir um sistema de transportes (...) que funcione cada vez mais integrado (...)”, cuja implantação trará “melhoria substantiva da qualidade do serviço de transporte de cargas e passageiros no Estado de São Paulo em termos de mobilidade, acessibilidade, fluidez, segurança e economia combustível”. O PDDT 2010/2030 abrange todo o sistema de transportes localizado no Estado de São Paulo, operado pelas “três esferas de Governo – federal, estadual e municipal -, além dos agentes privados que são regulamentados pelo poder público concedente”.

Na esfera federal, o PDDT define o Projeto do Ferroanel como:

“(...) fechamento completo de um anel ferroviário no entorno da Região Metropolitana de São Paulo por meio de duas conexões ferroviárias: uma ao norte e a outra ao sul, conectando as malhas leste e oeste já existentes”.

e o caracteriza como “elemento chave da estratégia da intermodalidade”.

Inúmeros são os problemas encontrados no sistema de transporte sobre trilhos na RMSP e, entre os principais, estão a falta de conexão da malha e o conflito entre o transporte de passagem e de carga (Gonçalves, 2005).

Hoje, a demanda de carga para o transporte ferroviário em São Paulo é três vezes maior do que a capacidade, como afirma Paulo Sérgio Passos, atual Ministro dos Transportes (2012), no site da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Milton Xavier, assessor de planejamento da Secretaria de Logística e Transportes do Estado de São Paulo (2012), acrescenta que “em 2011, o transporte ferroviário foi responsável por apenas 18% das cargas movimentadas em Santos”, demonstrando a necessidade de avanços no setor.

Afirma Gonçalves (2005) ser o Ferroanel “uma das soluções propostas para superar as deficiências encontradas pelo sistema ferroviário nesta área (RMSP)”.

Gonçalves (2005) também lembra que a iniciativa de se implantar o Anel Ferroviário de São Paulo data de 1963, quando o Governo do Estado de São Paulo nomeou um grupo de trabalho com o objetivo de estudá-lo, que posteriormente apresentou um anteprojeto do contorno, interligando as ferrovias sem passar pelo centro da capital.

A ANTT (2003) defende a proposta de implantação do contorno ferroviário na RMSP como fator de integração regional e nacional, mas aponta como ação básica e imediata, entre outras, a segregação das linhas na RMSP para a urgente viabilização dos corredores de transporte até a implantação do Ferroanel, especificamente o tramo norte.

Como destacado por Milton Xavier (2012), “o trecho Sul (do Ferroanel) é prioritário para a economia do Estado, (...) Mas, (...) com a compra de novas locomotivas e vagões (pela CPTM) para reduzir o tempo de partida dos trens de passageiros, ficará cada vez mais inviável a passagem de trens por dentro da cidade de São Paulo”.

Francisco Gildemir Ferreira, especialista em regulação e assessor da superintendência de serviços de transportes de cargas da área ferroviária da ANTT (2012), afirma que o Ferroanel “não é solução só para São Paulo, mas para o Brasil”, em entrevista ao jornal Diário do Grande ABC. O mesmo destaca o trecho Norte como o “(...) trecho com maior potencial de transporte. Quando concluído, será responsável por 90% da demanda do Ferroanel”.

O Tramo Norte traria benefícios ao liberar a circulação das composições ferroviárias (de carga) sem a necessidade de transitarem pelo centro da Capital (Agnelli, 2009).

Demonstra-se, dessa forma, a necessidade de estudar e selecionar a melhor alternativa para o Projeto do Ferroanel, em especial o seu trecho Norte, devido à sua importância nos níveis nacional e estadual para o escoamento eficiente de cargas, conectividade da malha ferroviária e influência para melhoria do serviço de transporte ferroviário de passageiros na RMSP.

5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A DEMANDA

O projeto, a construção e a operação do Ferroanel Norte de São Paulo envolvem diversos aspectos econômicos, sociais e ambientais. Trata-se de um empreendimento de grande porte e, portanto, exige uma análise de viabilidade minuciosa, tanto econômica quanto ambiental, que deve ser realizada para todas as alternativas propostas para o traçado, a fim de se ponderar, com base em custos, receitas e benefícios, qual delas é a melhor opção.

Nesse cenário, se faz necessário um estudo de demanda, que permitirá estimar receitas e avaliar a importância deste novo canal de transporte para escoamento de carga.

As alternativas consideradas para o traçado têm o mesmo objetivo de resolver o problema de transporte de carga na RMSP, de modo que este seja independente do transporte de passageiros pela CPTM. Assim, visam a atender às exigências de uma mesma região de polos produtores e atratores de carga ferroviária. Grande parte deles está localizada nas proximidades da RMSP, no quadrilátero formado por Campinas, Sorocaba, Vale do Paraíba e Baixada Santista, onde está localizado o Porto de Santos, forte atrator de carga.

A carga que deve transpor a RMSP é constituída principalmente de:

- Produtos agrícolas;
- Bauxita e alumínio;
- Minérios, produtos siderúrgicos e fertilizantes;
- Areia;
- Contêineres.

As características da demanda pouco variam entre uma alternativa e outra (dado que pretendem atender à mesma região). Deste modo, para conceber um estudo de demanda relativo à alternativa proposta neste relatório, foi possível se basear em um estudo anterior.

O “ESTUDO DOS PRINCIPAIS GARGALOS DO SETOR DE TRANSPORTE DE CARGA DO ESTADO DE SÃO PAULO E PROJETO FERROANEL DE SÃO PAULO”, elaborado em junho do ano de 2007 pelo BNDES em associação com a Fundação Instituto de Administração (FIA), relaciona diversos aspectos sobre a previsão de demanda em cenários com e sem a implantação do Ferroanel Norte.

Neste estudo, adotou-se uma metodologia que permitiu a confrontação das demandas potenciais com as capacidades de transporte de cada segmento da rede ferroviária da ALL e MRS, e a relocação dos fluxos, considerando as capacidades da cada trecho. Na Tabela 3 encontram-se os resultados deste estudo.

Tabela 3 - Demandas potenciais com Ferroanel, segundo estudo do BNDES (2007)

Produto	Origem considerada	Destino considerado	Via	Volumes anuais (mil toneladas)	
				2007	2015
Granéis Vegetais	Campinas	Santos	Ferroanel	4.400	3.408
Álcool	Campinas	Santos	Ferroanel	114	117
Granéis Vegetais	Campinas	Itaguaí	Ferroanel	-	4.455
Álcool	Campinas	Itaguaí	Ferroanel	-	153
Fertilizantes	Cubatão/Santos	Campinas	Ferroanel	1.353	1.977
Siderúrgicos	Cubatão	Campinas	Ferroanel	427	427
Contêineres	Santos	Campinas	Ferroanel	361	699
Contêineres	Campinas	Santos	Ferroanel	389	753
Areia	Manuel Feio	Jundiaí	Ferroanel	34	53
Siderúrgicos	Manuel Feio	Campinas	Ferroanel	94	94
Bauxita	Manuel Feio	Mairinque	Ferroanel	2.000	2.127
Enxofre	Manuel Feio	Jundiaí	Ferroanel	89	116
Enxofre	Manuel Feio	Campinas	Ferroanel	100	130
Siderúrgicos	Manuel Feio	Mairinque	Ferroanel	94	94
Siderúrgicos	Manuel Feio	Jundiaí	Ferroanel	60	60
Subtotal				9.515	14.663

Nas análises feitas neste projeto, desconsiderou-se o volume de granéis vegetais de Campinas com destino ao porto de Itaguaí, assumindo-se que todo este volume iria para Santos, através do Ferroanel. Também foram desconsiderados os volumes de álcool transportados de Campinas para Itaguaí e de Campinas para Santos. Na realidade, o porto de Itaguaí não recebe álcool para exportação e, posteriormente, este produto será transportado via “álcoolduto” até o Porto de São Sebastião.

O projeto de construção do álcoolduto já teve início, com o objetivo de transportar etanol no sudeste e centro-oeste brasileiros, o que afetaria diretamente as considerações aqui feitas, já que a implantação do mesmo eliminaria a necessidade de transporte de álcool aos portos pelo Ferroanel.

O Sistema Logístico de Etanol ligará as principais regiões produtoras de etanol, localizadas nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, ao principal ponto de armazenamento e distribuição em Paulínia (SP). Parte deste sistema será composto por um duto de longa distância, com cerca de 1.300 km, que interligará as regiões de Jataí (GO) e Paulínia (SP). O empreendimento será conectado ao sistema de transporte hidroviário com utilização de barcaças na bacia Tietê-Paraná. O sistema integrado partirá de Paulínia através de uma malha de dutos existentes até os terminais em Barueri e Guarulhos, na Grande São Paulo, e em Duque de Caxias, no Rio de Janeiro.

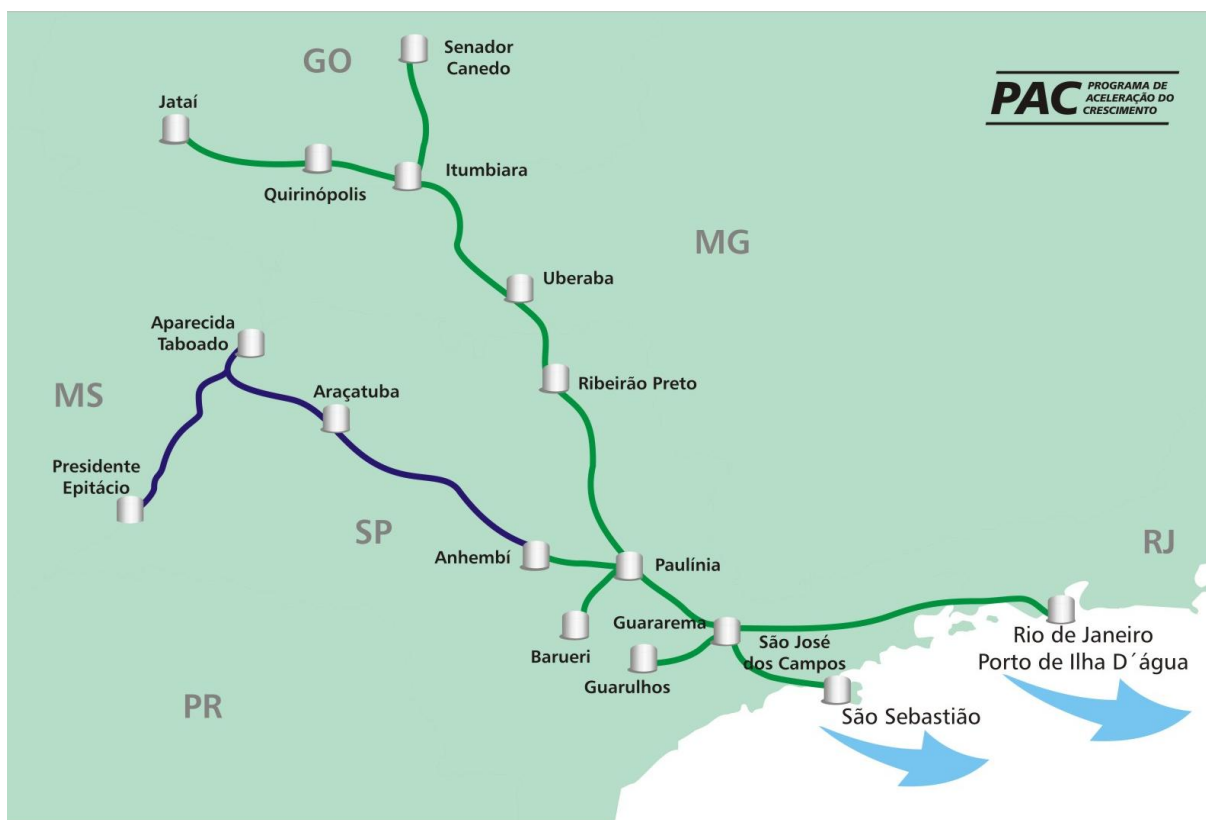


Figura 6 - Sistemas dutoviário (em verde) e hidroviário (em azul) para transporte do etanol
(Fonte: Programa de Aceleração do Crescimento (PAC))

O primeiro trecho de construção do duto, entre Ribeirão Preto e Paulínia e o Terminal de Ribeirão Preto, em São Paulo, teve início em Novembro/2010. O projeto, quando concluído, terá capacidade instalada de transporte de até 21 milhões de metros cúbicos de etanol por ano.

Após essas considerações, os dados do estudo do BNDES foram atualizados para o ano de 2012, através da interpolação dos dados de 2007 e 2015.

A demanda foi projetada para os anos de 2012 a 2046, fim do período de concessão adotado. Seu crescimento tem alta correlação com o Produto Interno Bruto (PIB) nacional. Desta forma, para os treze primeiros anos, adota-se crescimento anual de 3,5%, por ser um valor bem próximo às projeções atuais. Pela tabela abaixo, nota-se que foi mantido certo nível de conservadorismo em relação às mesmas.

Tabela 4 - Projeções para o crescimento anual da demanda em função do PIB

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	ano 1	ano 2	ano 3	ano 4	ano 5	ano 6
Projeção BACEN/FOCUS*	3,82%	3,87%	3,87%	3,84%		
Projeção BRADESCO**	4,00%	4,50%	3,50%	3,70%	4,00%	4,00%
Projeção do estudo	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%

*projeção feita em 23/11/2012

** projeção feita em 26/11/2012

Pela incerteza da manutenção deste forte crescimento ao longo dos trinta e três anos seguintes, foi adotada, de forma representativa, redução gradativa de 1% a cada dez anos a partir do ano treze, já que não é objeto deste estudo uma projeção mais detalhada. A dificuldade de manutenção de um PIB constante pode ser observada na história recente, conforme gráfico gerado através dos dados Sistema de Contas Nacionais (SCN/IBGE).

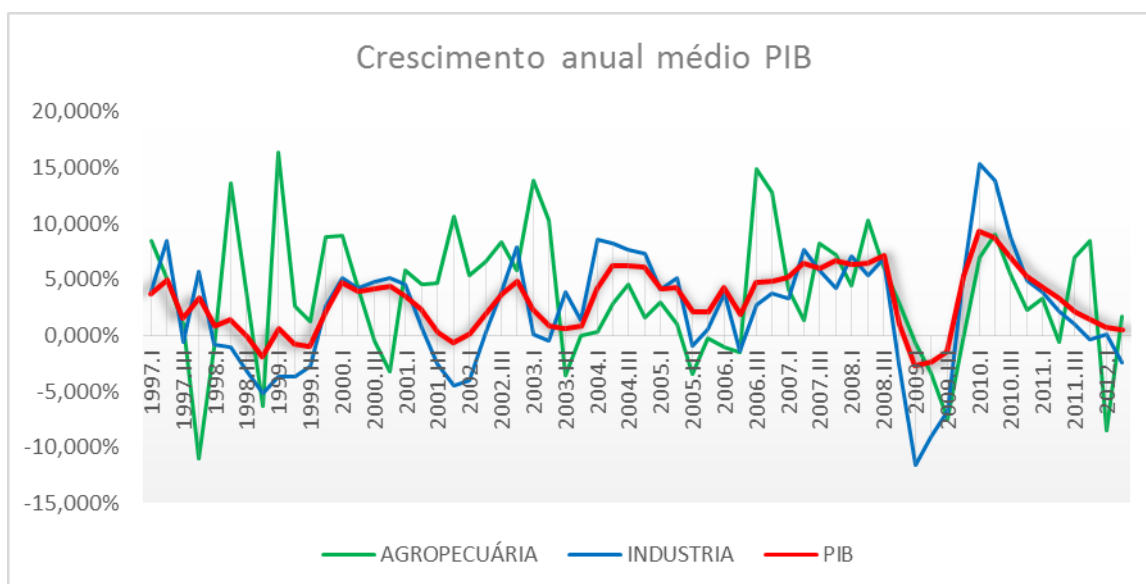


Figura 7 - Crescimento anual médio do PIB (1997-2012)

Os resultados obtidos para a projeção de demanda se encontram na Tabela 5.

Tabela 5 - Demanda potencial com Ferroanel, atualizada e com projeções

Produto	Trecho	Demanda Potencial (toneladas)				
		2012	2016	2026	2036	2045
Granéis Vegetais	Campinas-Santos	3.780.000	4.337.636	6.118.659	7.832.397	8.955.479
Fertilizantes	Santos/Cubatão-Campinas	1.742.250	1.999.269	2.820.160	3.610.039	4.127.678
Siderúrgicos	Cubatão-Campinas	427.000	489.991	691.176	884.760	1.011.622
Contêineres	Santos-Campinas	572.250	656.668	926.289	1.185.724	1.355.740
Contêineres	Campinas-Santos	616.500	707.446	997.918	1.277.413	1.460.576
Areia	Manuel Feio-Jundiaí	45.875	52.640	74.247	95.038	108.660
Siderúrgicos	Manuel Feio-Campinas	94.000	107.866	152.151	194.761	222.683
Bauxita	Manuel Feio-Mairinque	2.079.375	2.386.129	3.365.863	4.308.585	4.926.387
Enxofre	Manuel Feio-Jundiaí	105.875	121.492	171.373	219.367	250.815
Enxofre	Manuel Feio-Campinas	118.750	136.267	192.212	246.042	281.317
Siderúrgicos	Manuel Feio-Mairinque	94.000	107.866	152.151	194.761	222.683
Siderúrgicos	Manuel Feio-Jundiaí	60.000	68.850	97.115	124.307	142.125
Total		9.735.875	11.172.120	15.759.314	20.173.194	23.065.765

6 ESTUDOS E PROJETOS

6.1 Estudos

6.1.1 Estudos Operacionais e Características Técnicas

As principais características técnicas estão listadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Principais características técnicas

VELOCIDADE DE PROJETO	Velocidade de projeto	60 km/h
	Valor máximo de aceleração centrífuga não compensada	0,5 m/s ²
ELEMENTOS HORIZONTAIS	Raio mínimo admissível	350 m
	Tangente mínima entre curvas reversas	110 m
	Tangente mínima entre curvas reversas - casos extremos	43 m
	Raio mínimo sem curva de transição	1050 m
	Curva de transição	Clotóide
	Superelevação máxima	160 mm
ELEMENTOS VERTICAIS	Curvas verticais quando $i_1 - i_2 \geq$	0,20%
	Tipo de curva	Parábola 2° grau
	Rampa máxima compensada	1,41%
	Rampa máxima compensada em túneis	0,70%
	Comprimento mínimo da curva vertical	60 m
PÁTIO	AMV AREMA	1:14
	Comprimento útil do pátio	1800 m
	Rampa máxima no pátio	0,25%

Os trens que utilizarão a via terão até 100 vagões, com tração dupla ou tripla.

Os postos de cruzamento terão extensão total de 2.000 metros, com 1.800 metros de comprimento útil.

Tabela 7 - Postos de cruzamento

Nº	KM INICIAL	KM FINAL	EXTENSÃO (KM)
1	4+637	6+637	2,000
2	12+047	14+047	2,000
3	26+820	28+820	2,000
4	39+015	41+015	2,000
5	49+444	51+444	2,000
TOTAL			10,000

6.1.2 Estudos Geológicos/Geotécnicos

O traçado do Ferroanel atravessa 3 compartimentos geológicos distintos, os quais são separados por expressivas zonas de cisalhamento regionais. Os compartimentos atravessados pelo Ferroanel Norte são assim identificados:

Compartimento de Rochas Granitóides - constituído pelas rochas graníticas intrusivas Cantareira, que suportam relevos de serras e algumas lentes de rochas metamórficas de baixo grau (micaxistos e filitos) imbricadas e associados a relevos mais suaves. O perfil de alteração é composto por um solo de alteração de rocha de espessuras variáveis sobre o topo rochoso pouco alterado a são. Intercalado nos vales, são encontrados depósitos aluvionares quaternários, que originam os solos moles (argila orgânica).

Compartimento de Rochas Metamórficas - formado pelo Grupo Serra de Itaberaba, que apresenta grande variedade de rochas intensamente metamorfizadas em fácies média a alta, resultante de dobramentos superpostos. As rochas se apresentam em várias Formações Geológicas com predominância de xistos finos, metapelitos, metabásicas, colcoossilicatas e quartzitos. O perfil de alteração é composto de maiores espessuras devido ao maior grau de intemperismo das rochas metassedimentares que predominam neste compartimento. Intercalado nos vales, também são encontrados depósitos aluvionares quaternários que originam os solos moles (argila orgânica).

Compartimento de Sedimentos Terciários da Bacia de São Paulo – corresponde ao trecho final, caracterizado por relevo de colinas amplas e suaves onde predominam sedimentos arenosos intercalados com argila, inconsolidados, associados à Formação São Paulo e Itaquaquecetuba. Na parte inicial deste trecho, próximo às Rodovias Dutra e Ayrton Senna, ocorrem grandes extensões de depósitos aluvionares quaternários que originam os solos moles (argila orgânica) e que estão associados ao Rio Baquirivu e Tietê, respectivamente.

A Figura 8 ilustra a geologia da área de estudo.

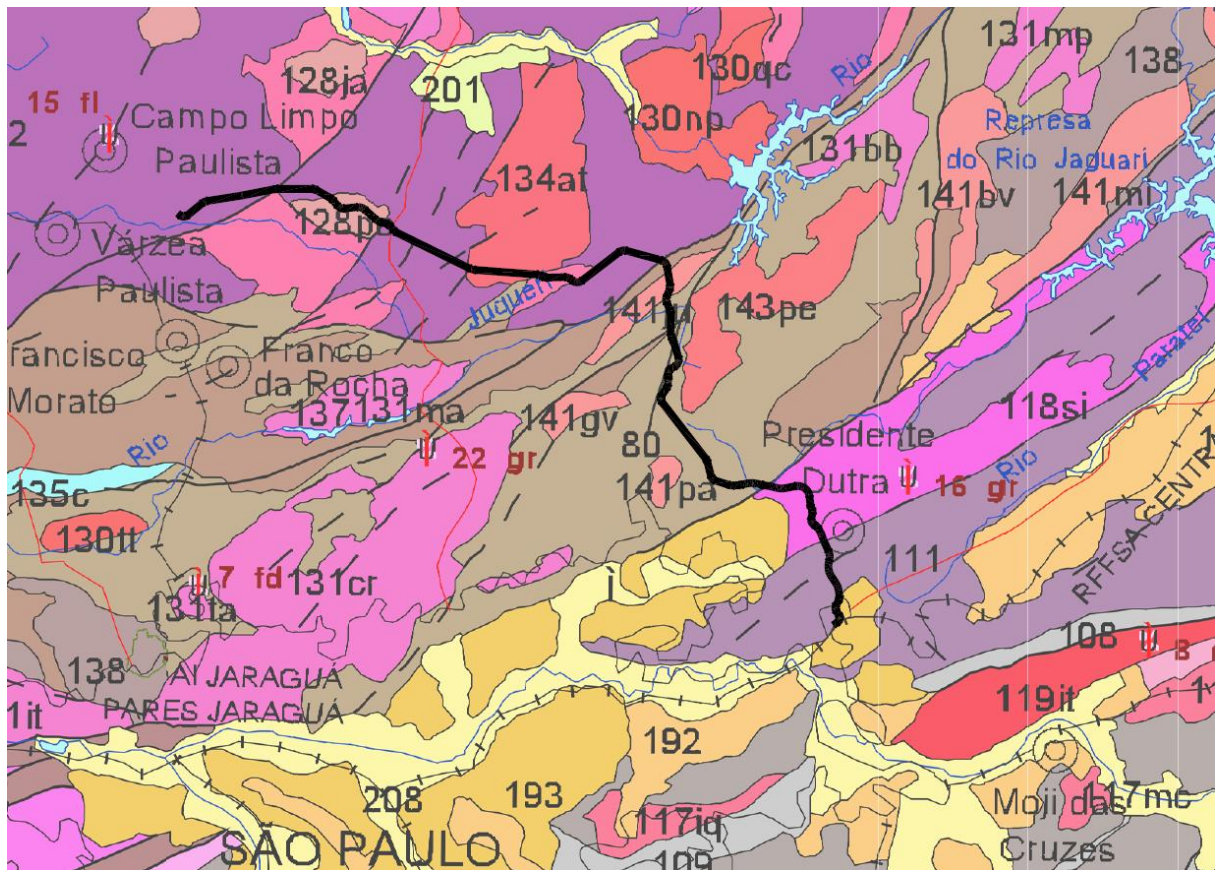


Figura 8 - Mapa Geológico de São Paulo (CPRM - Serviço Geológico do Brasil)

6.1.3 Estudos Hidrológicos

Para efeito de análises hidrológicas de macrodrenagem (canalizações de córregos, no caso do projeto), a bacia hidrográfica é a unidade territorial considerada para estudo, gestão e planejamento (princípio adotado pela Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – Lei Estadual nº 7.663/91). A mesma política define as 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) como as unidades territoriais “com dimensões e características que permitam e justifiquem o gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos” (artigo 20º da Lei Estadual nº 7.663/91), constituídas por um conjunto de bacias hidrográficas.

O traçado proposto se localiza na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê e contorna a RMSP passando pelos municípios de Itaquaquecetuba, Arujá, Guarulhos, Mairiporã, Nazaré Paulista, Atibaia e Campo Limpo Paulista, cujos territórios estão contidos, total ou parcialmente nas UGRHI 5 (Piracicaba, Capivari e Jundiá) e 6 (Alto Tietê).

Localização do Ferroanel Norte em relação aos municípios do Estado de São Paulo

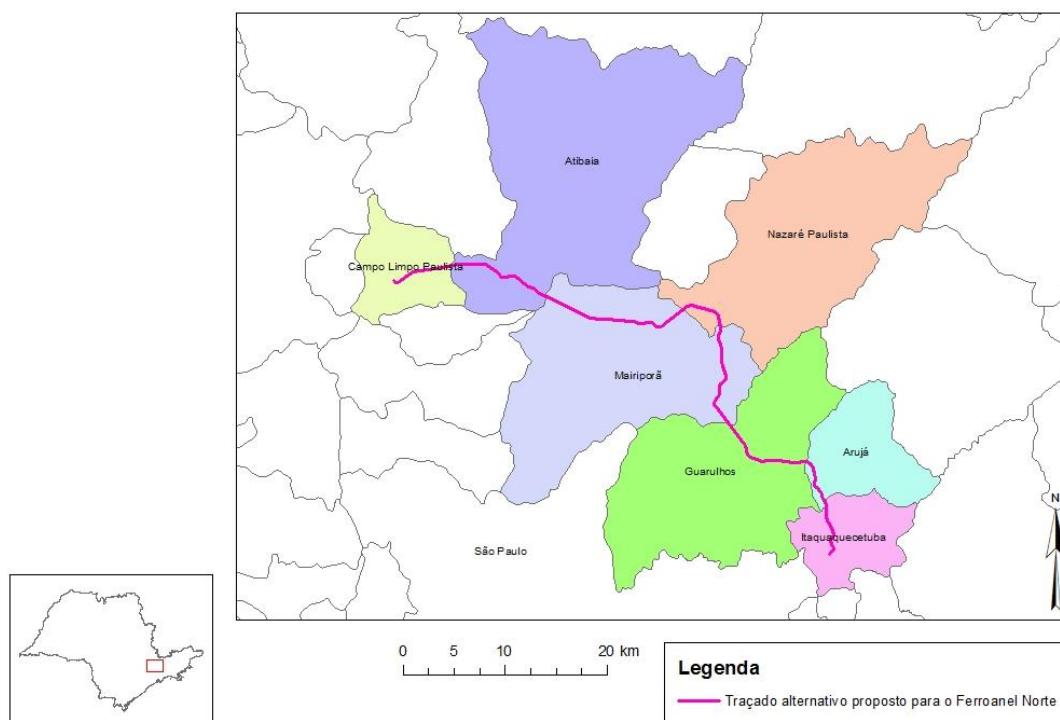


Figura 9 - Mapa de localização do traçado alternativo para o Ferroanel Norte em relação aos municípios do Estado de São Paulo

Localização do Ferroanel Norte em relação às UGRHI do Estado de São Paulo

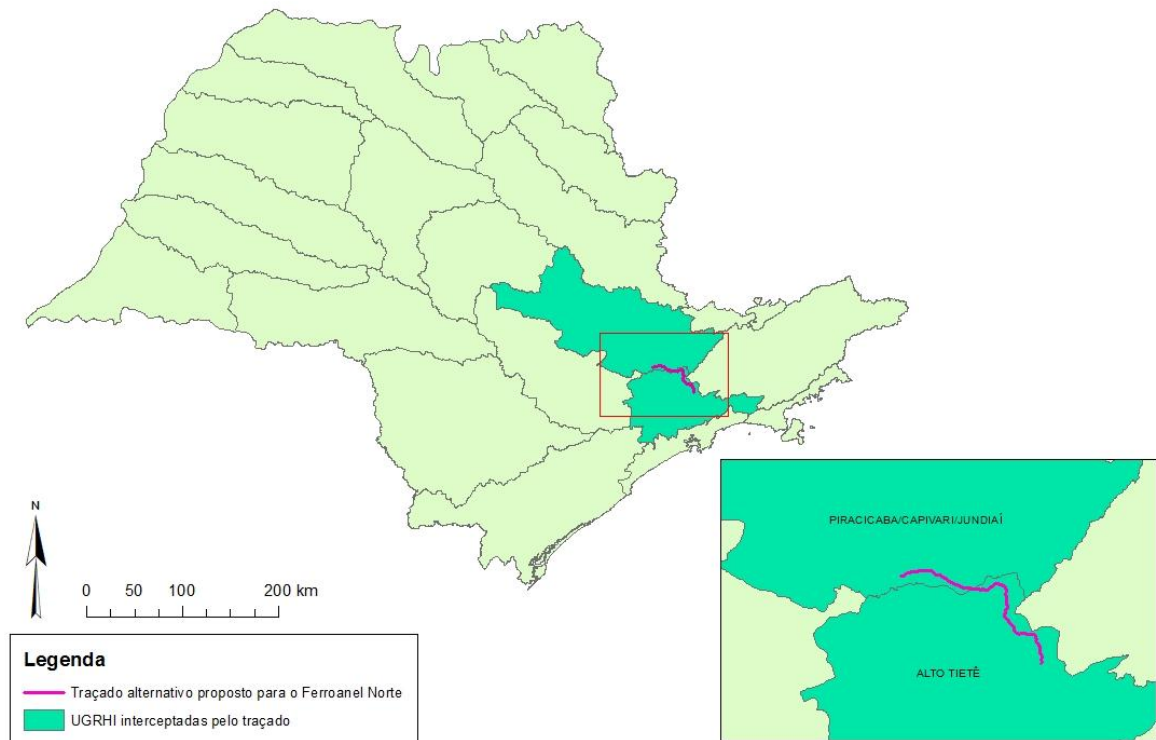


Figura 10 - Mapa de localização do traçado alternativo para o Ferroanel Norte em relação às bacias hidrográficas do Estado de São Paulo

As características de uso e ocupação do solo e área impermeabilizada da bacia são necessárias para determinar sua resposta frente a eventos de chuva, cujo conhecimento é essencial para que se estabeleça o projeto de drenagem para empreendimentos de grande porte, como é o caso do Ferroanel Norte.

A bacia hidrográfica do PCJ abriga a Região Metropolitana de Campinas, parte da Aglomeração Urbana de Piracicaba e da Aglomeração Urbana de Jundiaí e apenas um município pertencente à Aglomeração Urbana de Sorocaba (Salto), integrantes da Macrometrópole Paulista. Sua população é distribuída de forma desigual entre seus 57 municípios. Caracteriza-se por apresentar um parque industrial diversificado, concentrado em Indaiatuba, Paulínia e Sumaré, sítios produtivos de cana-de-açúcar e citricultura em Piracicaba e intensa atividade turística rural.

Já a bacia hidrográfica do Alto Tietê é considerada “o centro do sistema urbano contínuo que compõe os domínios da Macrometrópole Paulista”, (Relatório de Qualidade Ambiental da Secretaria do Verde e Meio Ambiente (2012)), com população equivalendo a 47% do total paulista, distribuída entre 34 municípios. No passado, sofreu ocupação humana em áreas de restrição ambiental, sendo grande parte dessa população favelada, residindo em áreas de proteção de mananciais. É caracterizada pelo seu elevado nível de urbanização e por concentrar atividades de setor terciário avançado, além de forte atividade industrial e turística.

Pode-se perceber que as UGRHIs que seriam atravessadas pelo traçado são de urbanização consolidada e apresentam perfil de uso do solo essencialmente

industrial, segundo dados do Relatório de Qualidade Ambiental da Secretaria do Verde e Meio Ambiente (SMA) de 2012. Abaixo, também são apresentadas informações de área e população dessas bacias (Tabela 8).



Fonte: São Paulo (2005), elaborado por SMA/CPLA (2012)

Figura 11 - Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo e suas vocações econômicas (Fonte: SMA)

Tabela 8 – Bacia Hidrográfica do Rio Tietê: dados de área e população das UGRHs 5 e 6 (Fonte: São Paulo (2005) e IBGE (2011), elaborado por SMA/CPLA (2012))

UGRHI	Área (km ²)	População (2010)
05 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí	14.178	5.080.199
06 – Alto Tietê	5.868	19.521.971

Para estudos de microdrenagem (obras de drenagem superficial), foram consideradas as características de solo da área diretamente afetada e entorno, em faixa de 100 m de largura.

Na região considerada, conta-se com área verde extensa (mata, reflorestamento e campo, além de atividade agropecuária de pastagem), à exceção do trecho inicial do traçado, podendo este exigir maiores esforços no projeto de microdrenagem, pois é mais densamente urbanizado e, portanto, deve apresentar maior área impermeável e maiores volumes de escoamento.

Tabela 9 - Uso do solo na área diretamente afetada e entorno

Uso do Solo	Área (ha)	% do total
Área Suburbana	15,70	2,85
Terra Bruta	42,40	7,69
Sítio Produtivo	272,95	49,54
Área Industrial	19,90	3,61
Indústria	8,60	1,56
Reflorestamento	101,60	18,44
Mata	81,90	14,86
Capoeira	8,00	1,45
TOTAL	551,05	100,00

6.2 Projetos

6.2.1 Projeto Geométrico

O traçado proposto pelo grupo para o Ferroanel Norte de São Paulo compreende trechos do Estudo de 2005 e do Projeto que está sendo desenvolvido atualmente, com duas variantes adicionais.

As variantes foram inseridas no traçado devido ao surgimento de parques na Serra da Cantareira e para evitar interferências com o Reservatório do Tanque Grande, localizado no município de Guarulhos.

Este novo alinhamento terá uma extensão total de 66,908 km. A seguir, encontra-se uma descrição detalhada do traçado a ser estudado.

O traçado do Ferroanel tem início na Estação Manoel Feio, localizada no município de Itaquaquecetuba. Esta estação é o pátio de entrada dos trens da MRS para a capital paulista, além de atender a trens da CPTM.

Saindo do pátio de Manoel Feio, o Ferroanel atravessará o Rio Tietê e a Rodovia Ayrton Senna da Silva – SP-070 através de uma ponte com extensão de 1,805 km, e seguirá paralelo ao Rodoanel Leste, atravessando também a Rodovia Presidente Dutra – BR-116.

Em seguida, o Ferroanel seguirá paralelo a um pequeno trecho do Rodoanel Norte, no município de Guarulhos. Até este momento, o traçado é composto por um trecho do Projeto que está em desenvolvimento atualmente. Não se utilizou o traçado original de 2005 neste trecho devido à intensa urbanização que ocorreu na área.

A partir deste ponto, no km 15+900, o traçado segue uma variante ao Estudo Original de 2005. Esta variante – VARIANTE 1 – tem por objetivo evitar interferências com o Reservatório do Tanque Grande, conforme mencionado anteriormente. A VARIANTE 1 atravessará o Parque Estadual do Itaberaba por meio de um túnel com extensão de 4,500 km, e voltará ao traçado Original no km 23+800, no município de Mairiporã.

O traçado permanece o Original até o km 30+000, onde haverá uma segunda variante. Esta variante – VARIANTE 2 – atravessará o Parque Estadual do Itapetinga também por meio de um túnel de 4,500 km.

O traçado retorna ao Original no km 41+000, ainda no município de Mairiporã. No km 46+200, o Ferroanel cruzará a Rodovia Fernão Dias – BR-381 e seguirá até a Estação Campo Limpo Paulista, que hoje atende aos trens da CPTM.

Para determinar o perfil do terreno das variantes, foram utilizadas plantas digitalizadas da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A (Emplasa), e levantaram-se as curvas de nível de 5 em 5 metros. A partir disto, geraram-se os alinhamentos horizontais e verticais através do software AutoCAD CIVIL 3D.

Em anexo, encontra-se uma Planta Geral do traçado, assim como o Projeto Geométrico completo de todo o trecho.

Alinhamentos Horizontal e Vertical

Para o alinhamento horizontal, foram utilizados os comprimentos de curva de transição conforme a Tabela 10.

Tabela 10 - Comprimento da transição em função do raio

Raio (m)	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	≥1050
Lc (m)	70	65	60	55	50	45	40	35	30	30	30	30	30	30	-

As Tabela 11 e Tabela 12 apresentam, respectivamente, os alinhamentos horizontal e vertical do traçado proposto.

Tabela 11 - Tabela de Curvas Horizontais

PI Nº	DEFLEXÃO	ELEMENTOS DA CURVA					ESTACA			
		Lc (m)	R (m)	De (m)	T	Ac	In/TE/PC	EC	CE	Fim/ET/PT
INI	-	-	-	-	-	-	0+ 0,000	-	-	-
1	90°33'00,11"	70,000	350,000	483,139	288,984	79°5'27,24"	0+301,857	0+371,857	0+854,996	0+924,996
2	63°44'32,78"	70,000	350,000	319,380	171,778	52°16'59,52"	1+174,753	1+244,753	1+564,132	1+634,132
3	38°32'08,13"	70,000	350,000	165,400	84,274	27°4'34,59"	1+940,401	2+010,401	2+175,801	2+245,801
4	18°10'46,92"	-	1100,000	473,828	240,647	24°40'49,14"	2+640,756	-	-	3+114,584
5	40°53'53,74"	-	1200,000	992,714	526,746	47°23'54,96"	3+673,584	-	-	4+666,298
6	38°57'04,52"	30,000	920,000	595,446	308,571	37°4'59,57"	4+748,086	4+778,086	5+373,532	5+403,532
7	6°31'59,28"	-	1050,000	119,734	59,932	6°32'0,95"	6+128,267	-	-	6+248,001
8	8°23'42,98"	-	1050,000	211,839	106,280	11°33'34,17"	6+488,410	-	-	6+700,249
9	36°32'55,38"	70,000	350,000	133,935	67,797	21°55'31,93"	7+016,090	7+086,090	7+220,025	7+290,025
10	74°18'00,31"	70,000	350,000	383,876	213,814	62°50'28,78"	7+332,317	7+402,317	7+786,193	7+856,193
11	34°20'43,33"	70,000	350,000	139,804	70,847	22°53'10,55"	8+198,407	8+268,407	8+408,211	8+478,211
12	17°42'15,75"	70,000	350,000	38,142	19,090	6°14'38,34"	8+623,982	8+693,982	8+732,125	8+802,125
13	95°43'32,97"	30,000	775,000	1264,796	823,941	93°30'23,03"	9+300,398	9+330,398	10+595,194	10+625,194
14	26°12'49,08"	-	1435,000	656,523	334,110	26°12'47,71"	11+250,796	-	-	11+907,319
15	5°06'21,25"	-	1050,000	112,709	56,408	6°9'0,77"	12+196,530	-	-	12+309,238
16	175°52'58,93"	30,000	1000,000	60,064	30,041	3°26'29,00"	12+743,704	12+773,704	12+833,787	12+863,767
17	166°43'49,99"	-	1580,000	799,990	408,765	29°0'36,56"	13+147,385	-	-	13+947,374
18	5°04'14,19"	30,000	1020,000	159,962	80,145	8°59'7,54"	14+119,944	14+149,944	14+309,905	14+339,905
19	22°05'45,96"	30,000	800,000	278,528	140,688	19°56'53,17"	14+693,352	14+723,352	15+001,880	15+031,880
20	57°36'55,79"	70,000	350,000	281,952	149,129	46°9'21,93"	15+961,973	16,031,673	16,313,625	16,383,625
21	23°06'58,33"	70,000	350,000	71,208	35,727	11°39'25,04"	17+350,370	17+420,370	17+491,578	17+561,578
22	71°45'57,67"	70,000	320,000	330,818	181,906	59°13'57,73"	22+250,886	22+320,886	22+651,704	22+721,704
23	30°08'26,95"	70,000	350,000	114,120	57,571	18°40'54,10"	23+280,614	23+350,614	23+464,734	23+534,734
24	3°31'28,78"	-	2000,000	123,030	61,534	3°31'28,38"	23+682,750	-	-	23+805,780
25	16°51'55,30"	70,000	350,000	33,025	16,525	5°24'22,38"	23+910,354	23+980,354	24+013,378	24+083,378

Tabela 12 - Alinhamento Vertical

Nº	PVI	PCV	PTV	Dv (m)	K	i ₁ (%)	i ₂ (%)
0	0	-	-	-	-	-	1,15
1	0+882,62	-	-	-	-	1,15	1,27
2	2+202,62	-	-	-	-	1,27	1,37
3	3+072,62	-	-	-	-	1,37	1,41
4	3+622,62	-	-	-	-	1,41	1,34
5	4+587,62	4+477,62	4+697,62	220	202	1,34	0,25
6	6+747,62	6+697,62	6+797,62	100	200	0,25	0,75
7	7+202,62	7+077,62	7+327,62	250	125	0,75	-1,25
8	9+402,62	9+252,62	9+552,62	300	200	-1,25	0,25
9	10+002,62	9+902,62	10+102,62	200	200	0,25	1,25
10	11+002,62	10+852,62	11+152,62	300	200	1,25	-0,25
11	11+477,87	11+377,87	11+577,87	200	210	-0,25	-1,20
12	11+997,62	11+847,62	12+147,62	300	315	-1,20	-0,25
13	13+402,62	13+252,62	13+552,62	300	600	-0,25	0,25
14	14+202,62	14+102,62	14+302,62	200	200	0,25	1,25
15	15+087,12	14+937,12	15+237,12	300	300	1,25	0,25
16	15+702,62	15+652,62	15+752,62	100	135	0,25	0,99
17	17+875,43	17+845,43	17+905,43	60	207	0,99	0,70
18	22+825,43	22+675,43	22+975,43	300	428	0,70	1,40
19	23+545,68	-	-	-	-	1,40	1,30
20	24+169,68	24+119,68	24+219,68	100	88	1,30	0,16
21	24+769,68	24+719,68	24+819,68	100	71	0,16	-1,25
22	25+969,68	-	-	-	-	-1,25	-1,40
23	26+819,68	26+669,68	26+969,68	300	228	-1,40	-0,09
24	30+154,76	30+054,76	30+254,76	200	568	-0,09	0,27
25	38+504,84	-	-	-	-	0,27	0,25
26	41+044,11	-	-	-	-	0,25	0,40
27	44+893,74	44+863,74	44+923,74	60	57	0,40	-0,65
28	49+393,74	49+343,74	49+443,74	100	250	-0,65	-0,25
29	51+443,74	51+343,74	51+543,74	200	200	-0,25	-1,25
30	55+843,74	55+793,74	55+893,74	100	48	-1,25	0,85
31	57+843,74	-	-	-	-	0,85	-0,92
32	60+843,74	60+793,74	60+893,74	100	87	-0,92	0,23
33	63+243,74	63+193,74	63+293,74	100	108	0,23	-0,70
34	66+393,74	66+343,74	66+443,74	100	182	-0,70	-1,25
35	66+908,12	-	-	-	-	-1,25	-

6.2.2 Projeto de Terraplenagem

A via apresentará seção transversal típica com largura total de 7,50 metros, com taludes de corte 1:1 e de aterro 1,5:1.

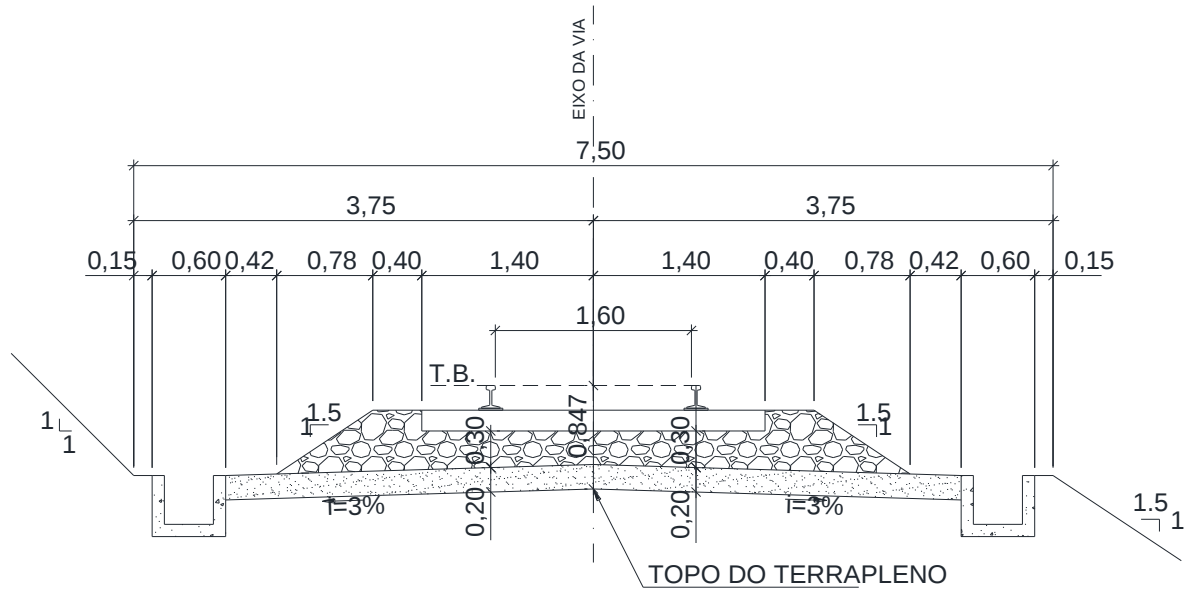


Figura 12 - Seção transversal típica (sem escala)

Nos trechos onde existem postos de cruzamento, a largura total da seção será de 12,55 metros, e distância entre os eixos das vias igual a 4,25 metros. Na Figura 13, encontra-se um desenho mais detalhado da seção via dupla.

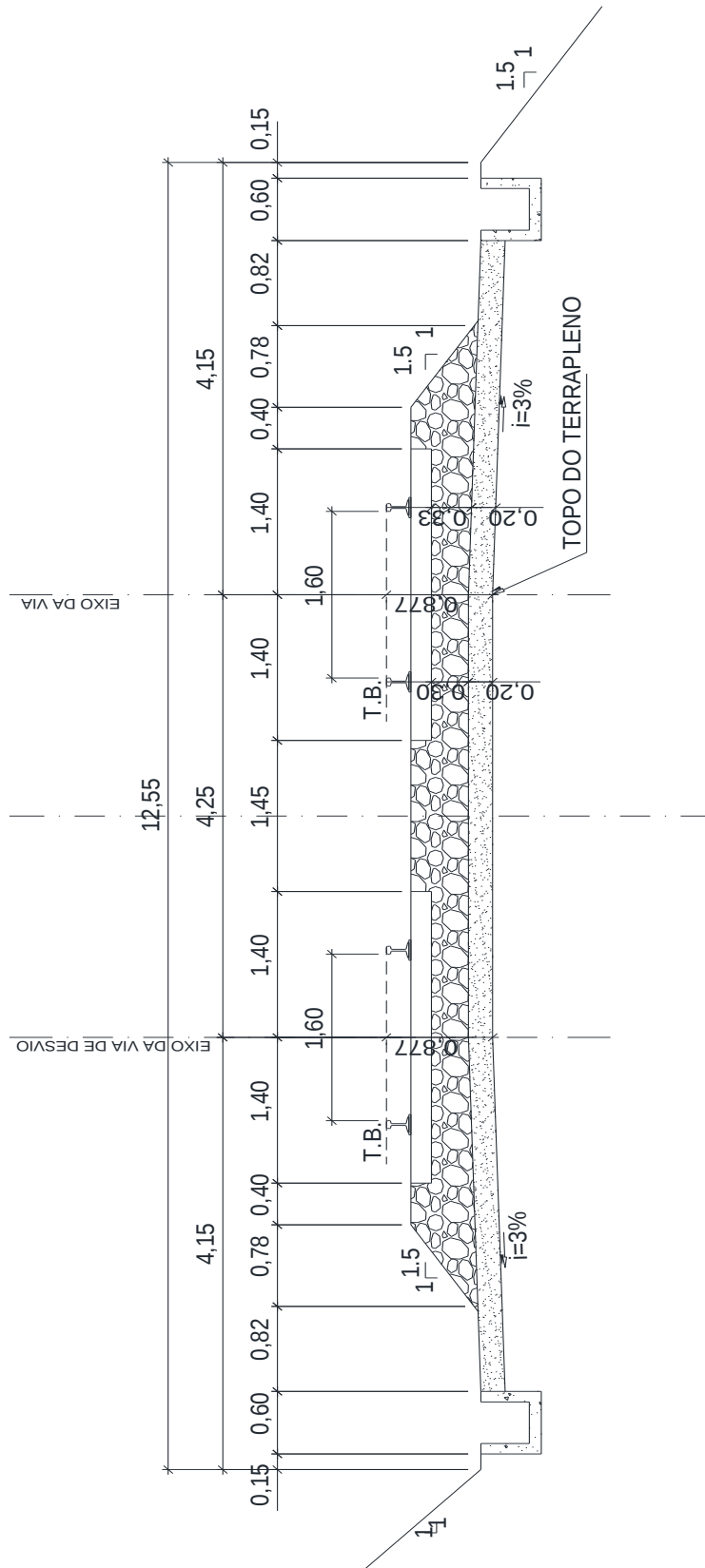


Figura 13 - Seção via dupla – detalhes (sem escala)

6.2.3 Projeto de Drenagem

6.2.3.1 Drenagem Superficial da Plataforma

Para estudo da drenagem superficial da Ferrovia serão adotados os seguintes dispositivos de drenagem:

- Sarjetas triangulares de concreto ou grama;
- Canaletas retangulares de corte e aterro;
- Descidas d'água de aterro tipo rápido;
- Descida d'água em escada;
- Dissipadores de energia aplicados a sarjetas, valetas, bueiros e descidas d'água;

A função destes dispositivos será proteger a plataforma de terraplenagem contra o acúmulo nocivo de água, prejudicial às estruturas de suporte da infraestrutura ferroviária, assim como de prevenção contra a ocorrência de erosões nos pés de corte ou bordas de plataforma de aterro.

6.2.3.2 Drenagem de Proteção e Obras de Arte Correntes

O sistema de drenagem de proteção deverá interceptar e encaminhar o escoamento de águas superficiais que atingem os taludes da plataforma ferroviária, através de valetas de proteção (de cristas de corte ou pé de aterro), valetas de banquetas ou bermas, descidas d'água, estruturas de dissipação de energia e obras de arte correntes.

Valetas de proteção

As valetas de proteção de crista de corte ou de pé de aterro tem como finalidade a interceptação das águas superficiais e conduzi-las para locais de deságue seguros e bem determinados.

Valetas de banquetas de corte e berma de aterro

As valetas de banquetas de corte e berma de aterro tem como finalidade a interceptação das águas provenientes dos taludes, banquetas/bermas e eventuais lançamentos das sarjetas e valetas de borda de aterro.

Descidas d'água

As descidas d'água têm o objetivo de conduzir as águas captadas por outros dispositivos de drenagem, pelos taludes de corte ou aterro. Este dispositivo é também utilizado em terrenos com inclinação muito alta, de modo a dissipar parte da energia cinética das águas.

Estruturas de dissipação de energia

Dissipadores de energia, como o nome indica, são dispositivos destinados a dissipar energia cinética do fluxo d'água, reduzindo a sua velocidade do escoamento.

Obras de arte correntes

As OACs, ou bueiros de travessia, permitem a passagem livre das águas, cujo respectivo curso d'água ou talvegue foi interrompido com a implantação do Ferroanel.

6.2.3.3 Dimensionamento Hidráulico

Para o dimensionamento dos dispositivos de proteção da rede de drenagem, utiliza-se basicamente a equação de Manning, aliada à equação da continuidade.

Equação de Manning

$$Q = \frac{A}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (1)$$

Onde:

Q : capacidade de vazão (m³/s);
 A : área da seção molhada (m²);
 R_h : raio hidráulico (m);
 i : declividade longitudinal (m/m);
 n : coeficiente de rugosidade

Equação da Continuidade

$$Q = V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 \quad (2)$$

Onde:

V_1 : velocidade de escoamento em 1;
 A_1 : área da seção molhada em 1;
 V_2 : velocidade de escoamento em 2;
 A_2 : área da seção molhada em 2.

6.2.3.4 Obras de Drenagem Profunda

A drenagem profunda é utilizada para se evitar os problemas acarretados pela incidência das águas subterrâneas nas camadas de suporte da ferrovia.

6.2.4 Túneis

Neste projeto do Ferroanel, há um total de nove túneis. Devido ao surgimento dos parques na Serra da Cantareira, houve a necessidade de adicionar dois túneis ao traçado. Na tabela abaixo, encontram-se todos os túneis, com seus respectivos comprimentos.

Tabela 13 - Túneis do traçado proposto e respectivos comprimentos

Nº	KM INICIAL	KM FINAL	EXTENSÃO (KM)
1	18+025	18+525	4,500
2	24+069	24+619	0,550
3	33+455	37+955	4,500
4	41+144	49+444	8,300
5	49+719	49+969	0,250
6	50+042	50+442	0,400
7	63+469	63+484	0,375
8	63+944	64+344	0,400
9	64+919	66+394	1,475
TOTAL			20,750

Os túneis 1 e 3 passam sob os Parques Estaduais do Itaberaba e do Itapetinga, respectivamente, e o túnel 4 passa sob a Rodovia Fernão Dias.

Os túneis em solo apresentarão uma seção com largura de 6,34 metros, e altura total de 8,85 metros, gabarito necessário para a passagem dos trens.

Os túneis em rocha terão uma seção transversal típica com largura de 7,78 metros, também com altura total de 8,85 metros.

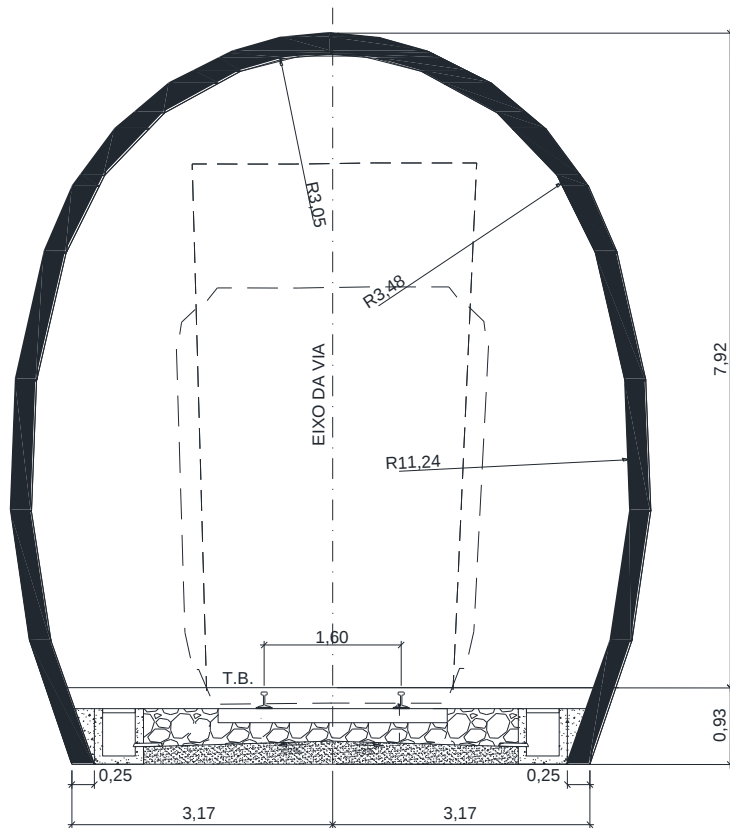


Figura 15 - Seção transversal de túnel em solo (sem escala)

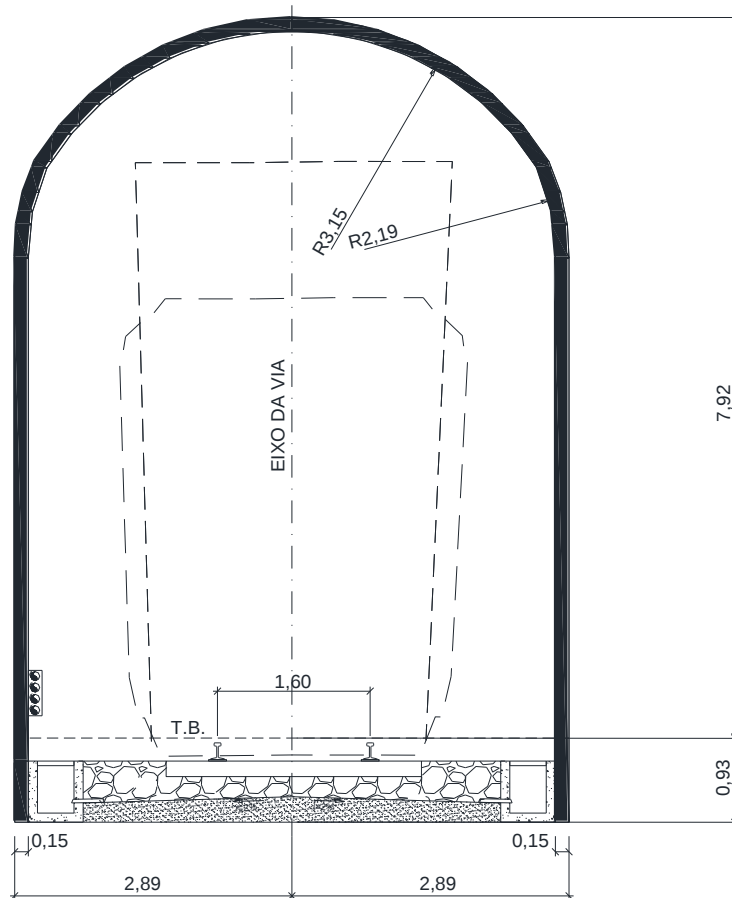


Figura 14 - Seção transversal de túnel em rocha (sem escala)

6.2.5 Pontes e Viadutos

Neste projeto do Ferroanel, há um total de cinco Obras de Arte Especiais (OAEs), sendo uma ponte e quatro viadutos. Na tabela abaixo, encontram-se todas OAEs, com seus respectivos comprimentos.

Tabela 14 - Obras de Arte Especiais do traçado e respectivos comprimentos

Nº	DESCRIÇÃO	KM INICIAL	KM FINAL	EXTENSÃO (KM)
1	Ponte sobre Rio Tietê e Rodovia Ayrton Senna	0+388	1+473	1,085
2	Viaduto sobre Rodovia Presidente Dutra	6+914	9+106	2,192
3	Viaduto sobre Av. Domênico Perella (Guarulhos)	15+338	15+828	0,490
4		16+688	16+998	0,310
5	Viaduto sobre Estrada Guarulhos-Nazaré	17+131	17+911	0,780
TOTAL				4,857

Nas obras de arte, a seção tipo terá uma largura total de 5,85 metros, com longarinas de altura igual a 2,85 metros.

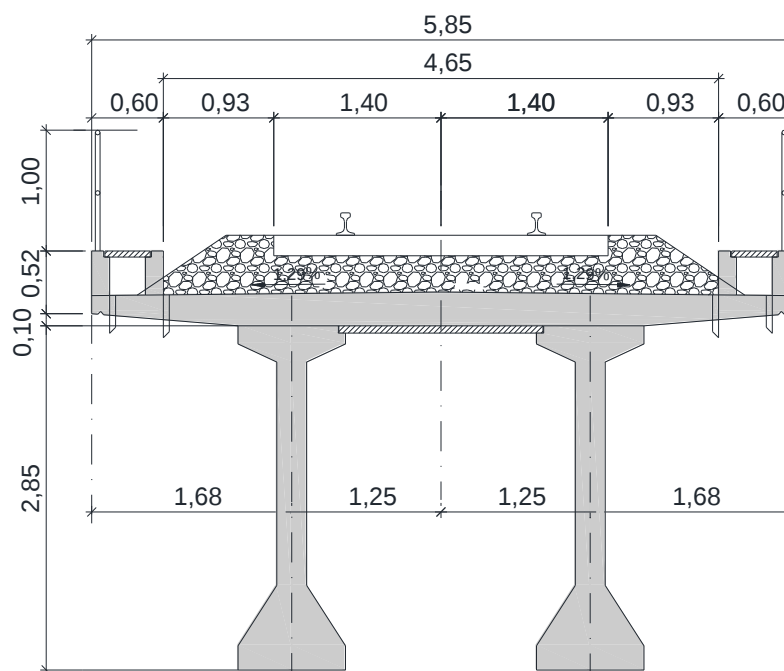


Figura 16 - Seção tipo de obras de arte (sem escala)

6.2.6 Via permanente

A via permanente apresentará bitola larga, de 1,600 metros. O trilho utilizado será o TR 68, com altura de 0,186 m. A placa de apoio e o dormente de madeira terão espessura de 0,016 m e 0,170 m, respectivamente.

A espessura do lastro será de 0,30 m e do sub-lastro de 0,20 m.

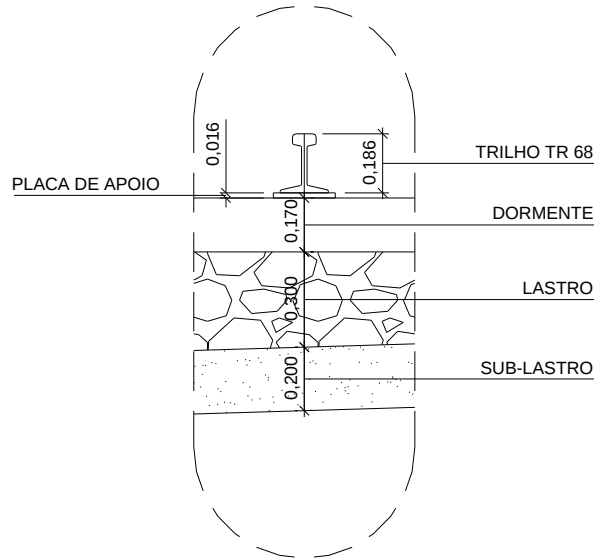


Figura 17 - Detalhe da via permanente

6.2.6.1 Estudo paramétrico

Conhecidas as características da via permanente, é possível verificar como a sua variação afeta o dimensionamento e comportamento da via, através de um estudo paramétrico. Esta análise visa a determinar como certos parâmetros podem influenciar nos esforços que a via transmite aos dormentes. Este tipo de estudo permite identificar:

- A maneira como os esforços são transmitidos e dissipados entre dormentes;
- A forma como os parâmetros se manifestam ao longo da via (linear/não linear);
- Os deslocamentos verticais em diversos pontos da via;
- Os parâmetros de projeto cujo efeito é mais significativo na distribuição de esforços.

Tal estudo foi feito por meio da modelagem analítica proposta por Winkler (1867 apud KERR, 1977), abordada neste relatório.

O modelo considera:

- a. Parâmetros de demanda

- Magnitude da carga transportada
- Frequência de solicitação da via
- b. Parâmetros ambientais
 - Nocividade do ambiente
 - Condições de drenagem da via
- c. Parâmetros mecânicos
 - Módulo de elasticidade
 - Coeficiente de Poisson
 - Módulo de Via

Os resultados apresentados no estudo auxiliam tanto no dimensionamento da via quanto na compreensão de seu funcionamento e manutenção.

6.2.6.1.1 Modelagem

A modelagem analítica proposta por Winkler (1867 apud KERR, 1977) considera os trilhos da via permanente como vigas continuamente apoiadas sobre apoios elásticos. De fato, esse era o caso nas ferrovias antigamente, já que os trilhos eram instalados em dormentes longitudinais à via. A Figura 18 ilustra esta configuração, submetida a carregamentos (Q).

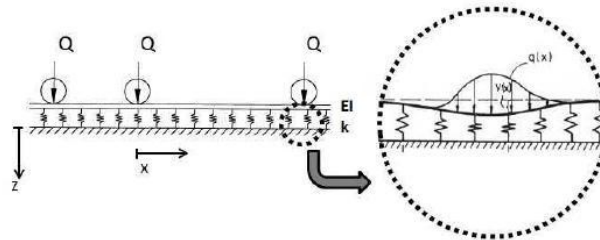


Figura 18 - Viga continuamente apoiada sobre base elástica

Pode-se, então, extrair um elemento infinitesimal do trilho, como apresentado na imagem abaixo.

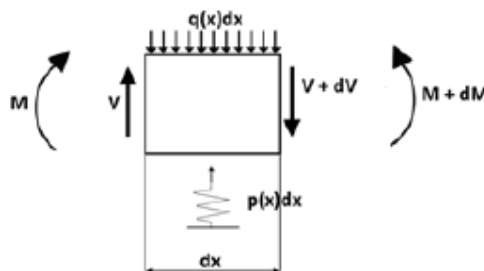


Figura 19- Elemento infinitesimal do trilho em equilíbrio

Onde:

V : força cortante

M : momento fletor

x : variável espacial relativa ao eixo do trilho

$q(x)$: carga vertical das rodas no trilho no ponto x

$p(x)$: tensão distribuída transmitida das bases dos trilhos aos dormentes no ponto x

Estabelecendo, neste elemento, o equilíbrio de forças na direção vertical, tem-se:

$$\frac{dV}{dx} = p(x) - q(x) \quad (3)$$

A força cortante se relaciona ao momento fletor segundo a equação (4), obtida através das equações diferenciais de equilíbrio, de forças na direção vertical e de momento fletor. Este, por sua vez, se relaciona ao deslocamento vertical do trilho por meio da equação diferencial da linha elástica (equação (5)).

$$\frac{dV}{dx} = \frac{d^2M}{dx^2} \quad (4)$$

$$\frac{M}{EI} = \frac{d^2y(x)}{dx^2} \quad (5)$$

ou, de outra forma:

$$\frac{d^2M}{dx^2} = EI \frac{d^4y(x)}{dx^4} \quad (6)$$

Onde:

E : módulo de elasticidade do trilho

I : momento de inércia do trilho

$y(x)$: deflexão vertical do trilho no ponto x

A partir destas relações, chega-se a:

$$EI \frac{d^4y(x)}{dx^4} + p(x) = q(x) \quad (7)$$

As tensões na base elástica se relacionam à deflexão vertical no trilho segundo a equação (8), através de um parâmetro conhecido como módulo de via, cujo valor depende da natureza e composição de todos os elementos da via permanente.

$$p(x) = uy(x) \quad (8)$$

Onde:

u : módulo de via

Substituindo (8) em (7), tem-se:

$$EI \frac{d^4 y(x)}{dx^4} + uy(x) = q(x) \quad (9)$$

Schwedler (1882) foi responsável pela solução desta equação diferencial (equação (10)). Tal solução considera uma viga infinitamente longa, sujeita a uma força vertical concentrada.

$$y(x) = \frac{Q\beta}{2u} e^{-\beta|x|} (\cos \beta|x| + \sin \beta|x|) \quad (10)$$

Onde:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{u}{4EI}} \quad (11)$$

e

Q : força vertical concentrada

Esta modelagem sofreu algumas críticas, quando dormentes longitudinais caíram em desuso, dando espaço para o uso de dormentes transversais. Tais críticas se tornaram infundadas quando Kerr (1977) constatou que valores experimentais e obtidos através de outros métodos eram muito semelhantes aos fornecidos por ela. Permanece bem aceita, sendo inclusive usada pela AREMA (2009) para análise de tensões e deflexões em trilhos.

A base de comparação para o estudo paramétrico é a força resultante de reação nos dormentes, obtida do produto da tensão distribuída transmitida das bases dos trilhos aos dormentes pelo espaçamento entre estes (equação (12)).

$$F = pxa = uyx a \quad (12)$$

Onde:

F : força resultante em um dormente localizado a “ x ” metros do ponto de aplicação de carga (kN)

a : espaçamento entre dormentes (m)

O modelo também leva em consideração o Fator de Incremento Dinâmico (FID), cujo valor é influenciado pelas características do tráfego que solicitará a via, calculado por meio da equação (13) abaixo.

$$FID = \left(1 + \frac{0,00521V}{D_R} \right) \quad (13)$$

Onde:

V : velocidade da composição (km/h)
 D_R : diâmetro da roda do vagão (m)

Na equação (13), foram utilizados os valores de $V = 60 \text{ km/h}$ e $D_R = 0,9144 \text{ m}$ para o caso da via estudada, gerando $FID = 1,34$.

Feitas estas considerações e substituindo a equação (10) na equação (12), é obtida a equação final usada nesta modelagem, expressa pela equação (14).

$$F = uy(x)a = \frac{\beta \times FID \times Q \times a}{2} e^{-\beta|x|} (\cos \beta|x| + \sin \beta|x|) \quad (14)$$

Onde:

F : força resultante em um dormente localizado a “ x ” metros do ponto de aplicação de carga (kN)

u : módulo de via (kPa)

$y(x)$: deflexão vertical do eixo à distância “ x ” do ponto de aplicação da carga (m)

a : espaçamento entre dormentes (m)

β : variável proveniente da solução da equação diferencial, expressa por (11) (m^{-1})

FID : fator de incremento dinâmico, expresso por (13)

Q : carga vertical concentrada (kN)

x : eixo de referência do trilho, que se inicia no ponto de aplicação de carga (m)

Neste estudo, supõe-se que as forças longitudinais (provenientes de variações de temperatura e aceleração das composições) são desprezíveis.

6.2.6.1.2 Formulação do Estudo Paramétrico

Os parâmetros considerados para este estudo paramétrico são:

- Espaçamento entre dormentes (a)
- Módulo de via (u)
- Carga por eixo (Q)
- Fator de Incremento Dinâmico (FID)
- Momento de inércia dos trilhos (I)

Foram realizados cinco estudos para analisar a influência de cada um deles, com base na maneira com a qual as forças resultantes nos dormentes variam em resposta a uma alteração no valor do parâmetro estudado. É avaliada sua influência isolada, mantendo as demais variáveis constantes, com valor igual ao de projeto.

6.2.6.1.3 Resultados

Verifica-se com detalhes, neste item, a influência particular de cada parâmetro no desempenho da via permanente.

O eixo vertical dos gráficos indica o valor da força nos dormentes (F) obtido para cada situação simulada, enquanto que o eixo horizontal indica a posição dos dormentes. O primeiro dormente ($x = 0$) é aquele que se encontra exatamente abaixo do ponto de aplicação da carga concentrada (Q). Para os demais dormentes, aplica-se:

$$x = n \times a \quad (15)$$

Onde:

$$1 \leq n \leq 6$$

e

a : espaçamento entre dormentes (m).

Dormentes de números maiores estão mais distantes do ponto de aplicação da carga. Assim, pode ser observada a forma como as forças resultantes provocadas pela carga Q aplicada em $x = 0$ se distribuem.

Para cada parâmetro, foram simuladas três situações para efeito de comparação. A cor azul representa o limite inferior do parâmetro e a cor verde, por sua vez, representa o seu limite superior. O valor intermediário em vermelho corresponde ao valor de projeto. Estes valores são expostos na tabela abaixo.

Tabela 15 - Limites inferiores, limites superiores e valores de projeto para os parâmetros do estudo

Parâmetro	Valor Mínimo	Valor de Projeto	Valor Máximo
a (m)	0,40	0,54	0,80
u (MPa)	10,00	20,70	40,00
Q (kN)	260	360	380
FID	1,00	1,34	1,60
I (m ⁴)	0,61 x 10 ⁻⁵	3,92 x 10 ⁻⁵	5,00 x 10 ⁻⁵

Estes valores são os parâmetros de entrada da equação (14), para definição das forças resultantes nos dormentes.

O módulo de elasticidade (E) do trilho será fixado em 210 GPa (valor médio para aço com 0,2% de carbono).

Estudo 1: Influência do espaçamento entre dormentes

A Tabela 16 apresenta os parâmetros utilizados no estudo 1.

Tabela 16 - Parâmetros utilizados no estudo 1

Parâmetro	Valor
u (MPa)	20,70
Q (kN)	360
FID	1,34
I (m ⁴)	$3,92 \times 10^{-5}$
E (MPa)	21×10^5
β (m ⁻¹)	0,89

Mantendo os demais parâmetros constantes e alterando somente valores do espaçamento entre dormentes (a), tem-se:

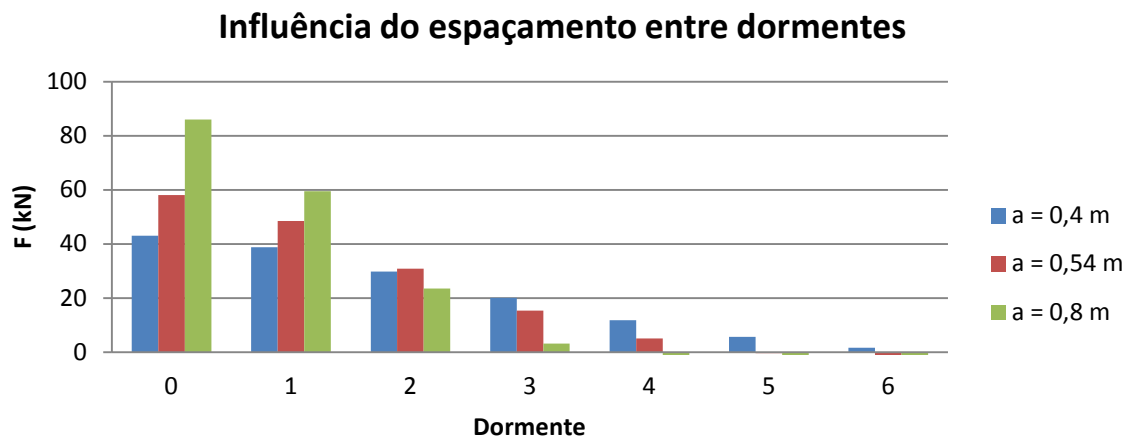


Figura 20 - Gráfico de influência do espaçamento entre dormentes na distribuição de forças na via permanente

Tabela 17 - Resultados do modelo para a variação do espaçamento entre dormentes

Força resultante nos dormentes - F_i (kN)	Espaçamento entre dormentes – a (m)		
	0,4	0,54	0,8
F_0	43,01	58,07	86,02
F_1	38,74	48,43	59,51
F_2	29,76	30,91	23,49
F_3	20,07	15,37	3,12
F_4	11,75	5,03	-3,33
F_5	5,58	-0,35	-3,23
F_6	1,56	-2,31	-1,59

É notável que, quanto menor o espaçamento entre dormentes, menores serão as resultantes em cada dormente. Isto ocorre porque, para um mesmo comprimento de trilho, existem mais dormentes, proporcionando distribuição de carregamento em maior número de apoios.

Observa-se também o fenômeno de subpressão para grandes espaçamentos, resultante da passagem da roda, que, por sua vez, introduz flexão nos trilhos e gera a tendência de levantamento deste e, conseqüentemente, dos dormentes localizados a uma maior distância do ponto de aplicação da carga. A estrutura se levantará momentaneamente, e, à medida que a roda avança, irá se chocar com a camada de lastro e degradá-la.

Esta tendência fica evidente para os dormentes 5 e 6 (para $a = 0,54\text{ m}$) e para os dormentes 4, 5 e 6 (para $a = 0,8\text{ m}$).

Vale ressaltar o comportamento não linear da variação das forças para diferentes espaçamentos, indicando que alterações sensíveis neste parâmetro são capazes de mudar significativamente o desempenho da via.

Estudo 2: Influência do módulo de via

Este é o parâmetro cuja estimativa é a mais complexa. Por depender de tantos fatores (condições geotécnicas, rigidez de dormentes, rigidez do trilho, condições de degradação), o módulo de via pode variar até mesmo na extensão de uma mesma ferrovia.

Idealmente, seu valor deve ser situado entre 27,5 MPa e 69 MPa. Caso seu valor seja baixo demais, as deformações da via serão excessivas. Por outro lado, valores altos demais condicionam o aparecimento de elevadas tensões. Ambos os casos aceleram a degradação da via e aumentam os custos de manutenção. A Tabela 18 relaciona seus diferentes valores e a qualidade da via.

Tabela 18 - Relação entre valores de módulo de via e seu desempenho

Módulo de via u (MPa)	Desempenho da via
$u < 13,7$	Baixo
$13,7 < u < 27,5$	Razoável
$27,5 < u < 69$	Bom
$u > 69$	Baixo

A Tabela 19 apresenta os parâmetros utilizados no estudo 2.

Tabela 19 - Parâmetros utilizados no estudo 2

Parâmetro	Valor
a (m)	0,54
Q (kN)	360
FID	1,34
I (m ⁴)	$3,92 \times 10^{-5}$
E (MPa)	21×10^5

Mantendo os demais parâmetros constantes e alterando somente valores do módulo de via (u), tem-se:

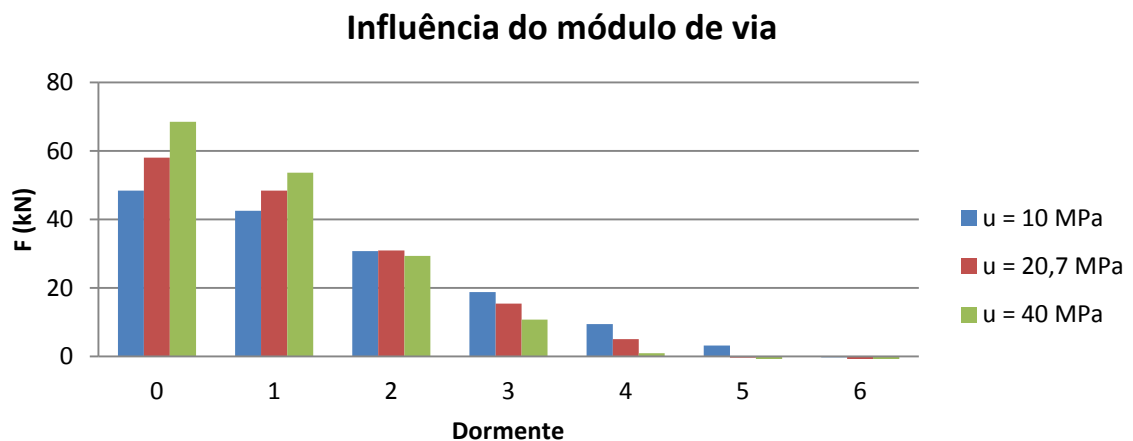


Figura 21 - Gráfico de influência do módulo de via na distribuição de forças na via permanente

Tabela 20 - Resultados do modelo para a variação do módulo de via

Força resultante nos dormentes - F_i (kN)	Módulo de via – u (MPa)		
	10	20,7	40
	β (m ⁻¹)		
	0,74	0,89	1,05
F_0	48,41	58,07	68,46
F_1	42,5	48,43	53,62
F_2	30,71	30,91	29,29
F_3	18,8	15,37	10,78
F_4	9,42	5,03	0,89
F_5	3,18	-0,35	-2,62
F_6	-0,3	-2,31	-2,79

Pode-se confirmar pelo gráfico que maiores valores de u (vias mais rígidas) conduzem a maiores valores de tensões. O fenômeno da subpressão também pode ser observado, além da maneira não linear com a qual as forças variam para diferentes módulos de via.

Por sua natureza complexa, o estudo deste parâmetro na etapa de projeto deve ser feito extensivamente, buscando métodos alternativos para sua determinação, sendo interessante a utilização de ensaios *in loco*.

Estudo 3: Influência do carregamento por eixo

Pela equação (14), nota-se a relação linear que se estabelece entre este parâmetro e as forças resultantes nos dormentes. Embora seja de análise simples, é o parâmetro mais fundamental da fase de projeto. Isso se deve ao fato de, geralmente, todo o dimensionamento de uma ferrovia depender e também influenciar sua capacidade de transporte de elevadas cargas e atendimento de demanda em crescimento.

A Tabela 21 apresenta os parâmetros utilizados no estudo 3.

Tabela 21 - Parâmetros utilizados no estudo 3

Parâmetro	Valor
a (m)	0,54
u (MPa)	20,70
FID	1,34
I (m ⁴)	3,92 x 10 ⁻⁵
E (MPa)	21 x 10 ⁵
β (m ⁻¹)	0,89

Mantendo os demais parâmetros constantes e alterando somente valores de carregamento por eixo (Q), tem-se:

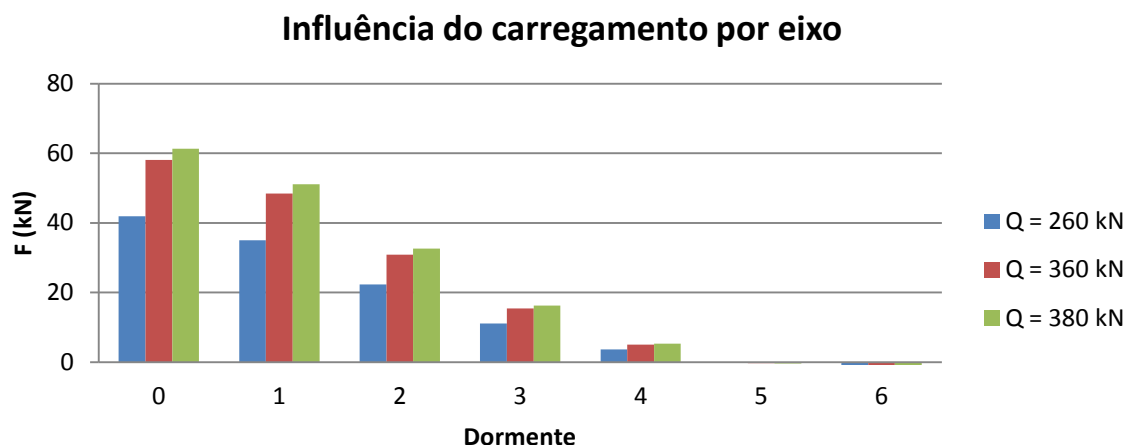


Figura 22 - Gráfico de influência do carregamento por eixo na distribuição de forças na via permanente

Tabela 22 - Resultados do modelo para a variação do carregamento por eixo

Força resultante nos dormentes - F _i (kN)	Carregamento por eixo – Q (kN)		
	260	360	380
F ₀	41,94	58,07	61,29
F ₁	34,98	48,43	51,13
F ₂	22,32	30,91	32,62
F ₃	11,10	15,37	16,22
F ₄	3,64	5,03	5,31
F ₅	-0,26	-0,35	-0,37
F ₆	-1,67	-2,31	-2,44

Como observado no gráfico, cargas muito elevadas introduzem altas tensões nos dormentes. Para suportar tais esforços, medidas como o aumento do número de dormentes ou a adoção de um trilho com maior momento de inércia teriam de ser adotadas, encarecendo a implantação e manutenção da ferrovia.

Estudo 4: Influência do Fator de Incremento Dinâmico

A Tabela 23 apresenta os parâmetros utilizados no estudo 4.

Tabela 23 - Parâmetros utilizados no estudo 4

Parâmetro	Valor
a (m)	0,54
u (MPa)	20,70
Q (kN)	360
I (m ⁴)	3,92 x 10 ⁻⁵
E (MPa)	21 x 10 ⁵
β (m ⁻¹)	0,89

Mantendo os demais parâmetros constantes e alterando somente valores de Fator de Incremento Dinâmico (*FID*), tem-se:

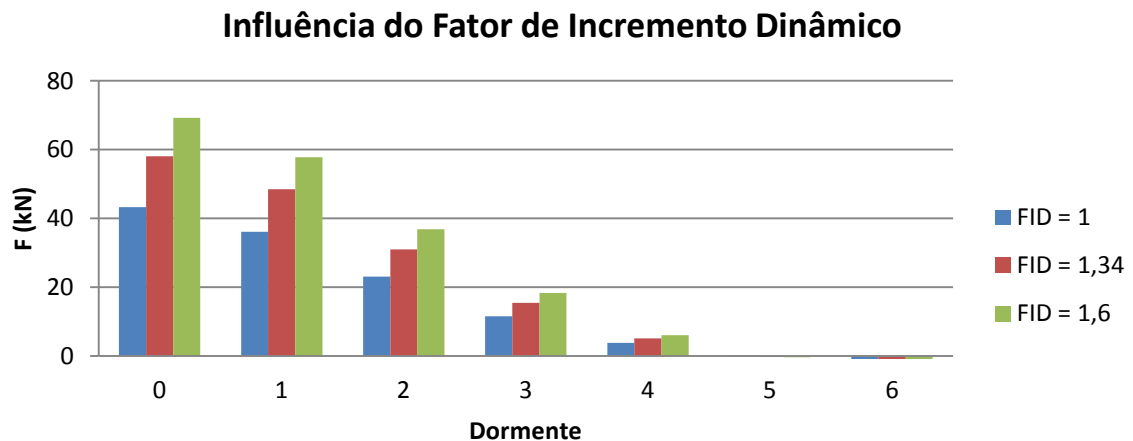


Figura 23 - Gráfico de influência do fator de incremento dinâmico na distribuição de forças na via permanente

Tabela 24 - Resultados do modelo para a variação do Fator de Incremento Dinâmico

Força resultante nos dormentes - F_i (kN)	Fator de Incremento Dinâmico – FID		
	1	1,34	1,6
F_0	43,27	58,07	69,24
F_1	36,1	48,43	57,75
F_2	23,03	30,91	36,85
F_3	11,45	15,37	18,32
F_4	3,75	5,03	6
F_5	-0,26	-0,35	-0,42
F_6	-1,72	-2,31	-2,76

Assim como para o carregamento, a variação das forças resultantes causada por alterações no valor do FID também apresenta comportamento linear, por estar exclusivamente no termo linear da equação (14).

Este parâmetro também tem grande peso na etapa de projeto, pois a velocidade de tráfego, uma das variáveis que definem o valor do FID, influi diretamente na capacidade de transporte de carga da ferrovia.

Com o estudo, mostra-se que maiores valores de FID provocam maiores esforços nos dormentes, de forma que sua viabilização depende de medidas como as já sugeridas anteriormente no estudo 3 (aumento no número de dormentes, adoção de um trilho com maior momento de inércia).

Estudo 5: Influência do momento de Inércia do trilho

A Tabela 25 apresenta os parâmetros utilizados no estudo 5.

Tabela 25 - Parâmetros utilizados no estudo 5

Parâmetro	Valor
a (m)	0,54
u (MPa)	20,70
FID	1,34
Q (kN)	360
E (MPa)	21×10^5

Mantendo os demais parâmetros constantes e alterando somente valores de momento de inércia do trilho (I), tem-se:

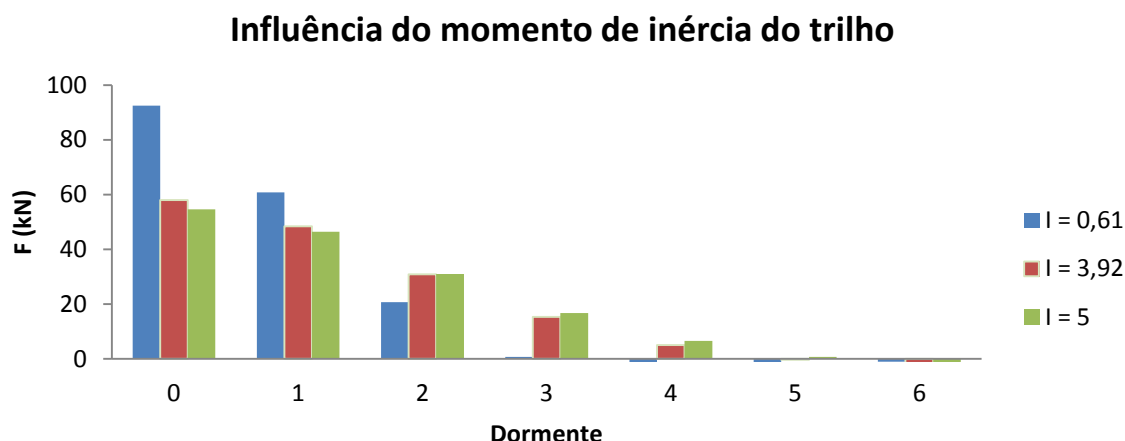


Figura 24 - Gráfico de influência do momento de inércia do trilho na distribuição de forças na via permanente (valores de I em 10^{-5} m^4)

Tabela 26 - Resultados do modelo para a variação do momento de inércia do trilho

Força resultante nos dormentes - F_i (kN)	Momento de inércia do trilho – I (m^4)		
	0,0000061	0,00003921	0,00005
	β (m^{-1})		
	1,42	0,89	0,84
F_0	92,46	58,07	54,64
F_1	60,8	48,43	46,45
F_2	20,77	30,91	31,04
F_3	0,78	15,37	16,72
F_4	-3,97	5,03	6,57
F_5	-2,83	-0,35	0,75
F_6	-1,04	-2,31	-1,8

O gráfico permite perceber que perfis de maior momento de inércia apresentam melhor capacidade de distribuição de tensões nos dormentes. Logo, perfis mais robustos soam como uma boa opção, evitando também as elevadas oscilações que ocorrem em vias com trilhos de menor momento de inércia, que aceleram mecanismos de bombeamento de finos.

No entanto, a adoção de trilhos mais robustos pode ser até duas vezes mais cara do que realizar operações de manutenção ou substituição de componentes da via férrea (Kerr, 1975). Além disso, perfis mais robustos apresentam maior rigidez, provocando aumento do módulo de via. Isso gera maiores tensões nos componentes e acelera a degradação da via.

6.2.7 Principais Quantidades

Na Tabela 27 encontra-se um resumo com as Principais Quantidades do Ferroanel.

Tabela 27 - Principais quantidades

	Total (km)
Extensão Total	66,908
Extensão em OAEs	4,857
Extensão em Túneis	20,750
Extensão em Postos de Cruzamento	10,000
Extensão em Terraplenagem	41,301
Extensão da Via Permanente	76,908

7 ASPECTOS AMBIENTAIS

Observando o traçado considerado, pode-se perceber que a sua implantação afetará, direta ou indiretamente, várias Unidades de Conservação (UC) - parques, áreas tombadas, Áreas de Proteção Ambiental, estações ecológicas ou reservas florestais. Pretende-se definir, neste estudo, as UCs afetadas pela implantação do traçado considerado. Como visto anteriormente, este consta de trechos da proposta original (2005) combinados com algumas variantes.

O trecho inicial do traçado (km 0+0,000 ao km 15+900,000) apresenta, do ponto de vista ambiental, a vantagem de acompanhar trechos do Rodoanel Leste e Norte de São Paulo, aproveitando a faixa de desapropriação deste. Este trecho também é favorável por estar afastado de uma área cuja industrialização se adensou significativamente entre 2005 e 2012. Além disso, a VARIANTE 1 (km 15+900,000 ao km 23+800,000) do traçado proposto é criada com o objetivo de evitar conflitos com o Tanque Grande, reservatório da Sabesp no município de Guarulhos.

É importante ressaltar a necessidade de atentar aos aspectos legais que envolvem o Meio Ambiente. Além de considerar as áreas possivelmente afetadas pelas variantes propostas neste estudo, deve-se ter em mente que o Estado criou Unidades de Conservação entre o ano atual (2012) e o ano em que foi feita a proposta original (2005), Unidades estas que sofreriam interferências causadas pelo projeto do Ferroanel, em qualquer uma de suas etapas.

Pelo Decreto 55.662 de 30 de março de 2010, foram criados, no Nordeste da Região Metropolitana de São Paulo, o Parque Estadual do Itaberaba, o Parque Estadual do Itapetinga, a Floresta Estadual de Guarulhos e o Monumento Natural Estadual da Pedra Grande, cujos limites podem ser visualizados na Figura 25. A proteção garantida a estas Unidades torna inviável a ferrovia a céu aberto. É por este motivo que, em relação à proposta original, o traçado em estudo apresenta maior extensão em túneis, encarecendo a implantação do Ferroanel.

Na Figura 26, é apresentado o traçado em planta, juntamente com algumas das Unidades de Conservação presentes em sua área de influência, para situá-lo em relação aos novos Parques criados. Na Tabela 28, segue a lista de todas as Unidades de Conservação e respectivos locais e referências legais.

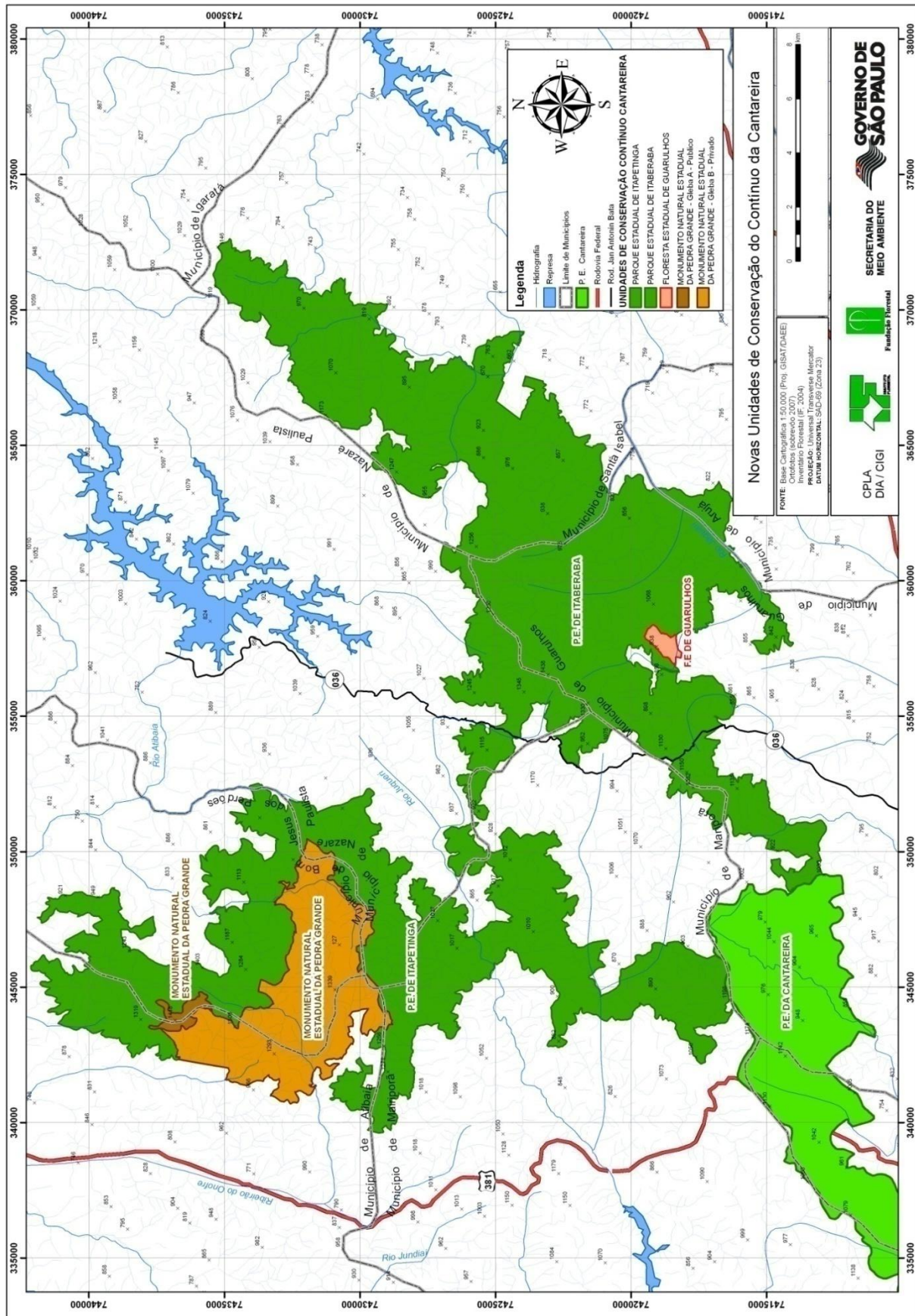


Figura 25 - Parques Estaduais do Itaberaba e do Itapetitinga, Floresta Estadual de Guarulhos e Monumento Natural Estadual da Pedra Grande – Mapa da Secretaria do Meio Ambiente (2010)

Unidades de Conservação na Área de Influência do Empreendimento

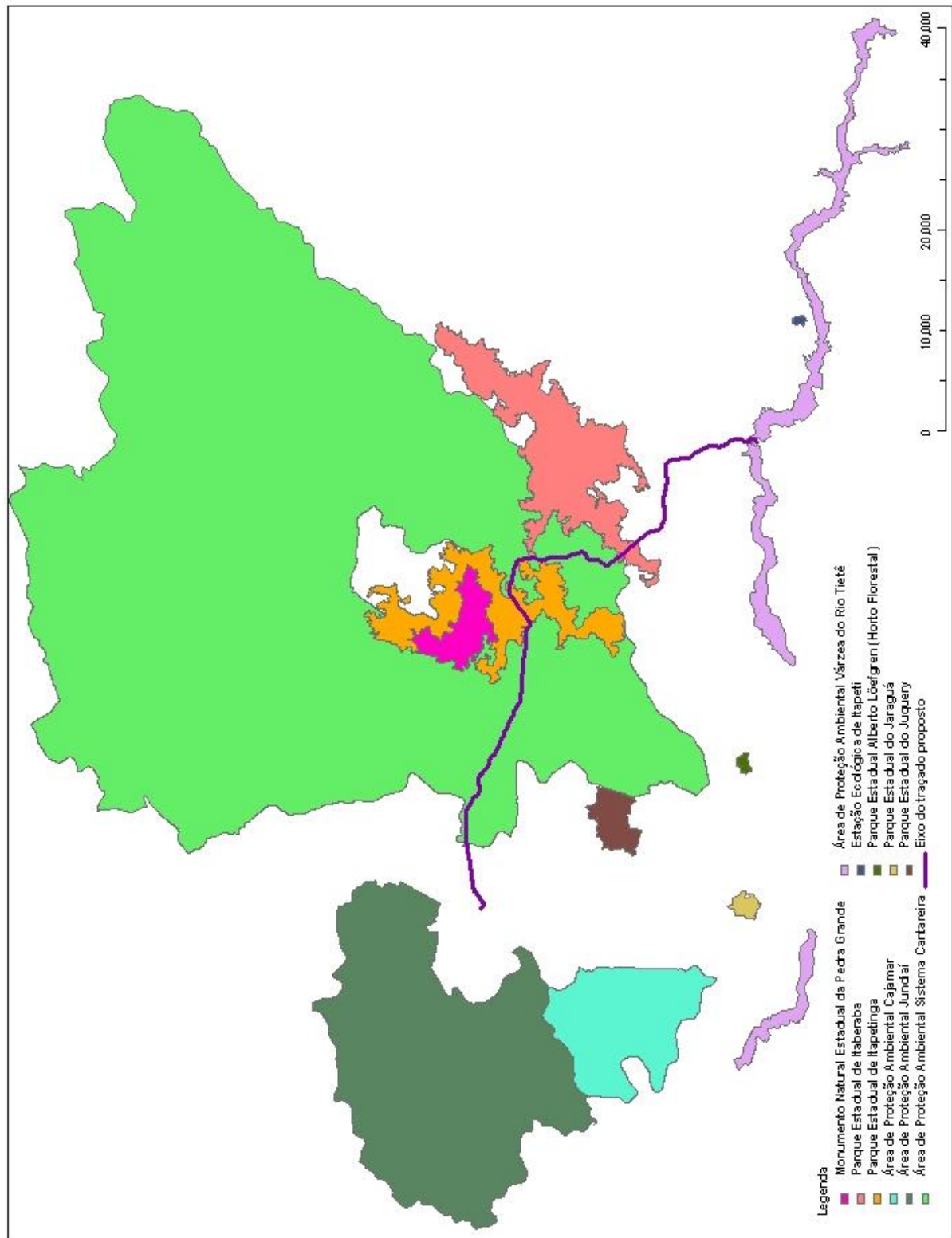


Figura 26 - Localização do traçado proposto em relação às novas Unidades de Conservação

Tabela 28 - Unidades de Conservação e respectivas localizações e referências legais

Nome	Local	Referência Legal
Parque Estadual da Cantareira	Caieiras, Franco da Rocha, Guarulhos, Mairiporã e São Paulo	Decreto nº 335 de 10/02/1896; Decreto nº 41.626 de 30/01/63; Lei nº 10.228 de 24/09/1968
Parque Estadual da Capital ou Alberto Loefgren (antigo Horto Botânico de São Paulo, atual Horto Florestal)	São Paulo	Lei nº 355 de 10/02/1896; Lei nº 10.228 de 24/09/68
Reserva Estadual da Cantareira	São Paulo	Resolução CONDEPHAAT nº 18 de 04/08/83
Várzea do Rio Tietê	Itaquaquecetuba, Guarulhos e São Paulo	Lei nº 5.598/87; Decreto nº 20.960/93; Decreto nº 42.837/98
Parque Ecológico do Tietê	São Paulo, Biritiba-Mirim, Mogi das Cruzes, Santana do Parnaíba, Suzano, Barueri, Carapicuíba, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Poá e Osasco	Decreto nº 7.868/76
Estação Ecológica de Itapeti	Itaquaquecetuba	Decreto nº 26.890 de 12/03/1987; Decreto nº 21.890-D de 29/04/1952
Sistema Cantareira	Atibaia, Bragança Paulista, Joanópolis, Mairiporã, Nazaré Paulista, Piracaia e Vargem	Lei nº 10.111 de 04/12/1998
Cajamar	Cajamar	Lei nº 4.055 de 04/06/1984
Parque Estadual do Juqueri	Franco da Rocha	Decreto nº 36.859 de 05/06/1993
Morro do Juqueri	Mairiporã	Processo SO nº 29.643/92
Parque Estadual do Itaberaba	Arujá, Guarulhos, Nazaré Paulista e Santa Isabel	Decreto nº 55.662 de 30/03/2010
Parque Estadual do Itapetinga	Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Mairiporã e Nazaré Paulista	Decreto nº 55.662 de 30/03/2010
Floresta Estadual de Guarulhos	Guarulhos	Decreto nº 55.662 de 30/03/2010
Monumento Natural Estadual da Pedra Grande	Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Mairiporã e Nazaré Paulista	Decreto nº 55.662 de 30/03/2010

As tabelas abaixo identificam, nessa ordem, as principais ações decorrentes de cada etapa e os principais aspectos ambientais considerados por meio na avaliação de impacto ambiental do empreendimento.

Tabela 29 - Etapas do empreendimento e principais ações

Etapas do empreendimento	Principais ações
Trabalhos Iniciais	- Processo de desapropriação; - Instalação de canteiro de obras; - Remanejamento de infraestrutura em áreas urbanas e rurais; - Implantação de caminhos e acessos provisórios; - Contratação de mão de obra pelas construtoras; - Preparo de áreas de empréstimo e bota-foras.
Construção do Empreendimento	- Demolições em áreas urbanas; - Remanejamento provisório e definitivo do tráfego em áreas urbanas; - Desmatamento de áreas rurais e florestais; - Abertura e exploração de áreas de empréstimo; - Abertura e utilização de áreas de bota-fora; - Exploração de pedreiras; - Execução de cortes e aterros; - Construção de pontes e viadutos; - Produção de ruídos – fontes fixas e móveis; - Emissão de poluentes atmosféricos – fontes fixas e móveis; - Remanejamento provisório do tráfego rodoviário; - Tratamento paisagístico de acabamentos; - Reabilitação de áreas degradadas; - Desmobilização de mão de obra.
Operação	- Tráfego normal; - Tráfego sazonal; - Produção de ruídos; - Emissão de poluentes atmosféricos; - Vibrações nos terrenos.

Tabela 30 - Principais aspectos ambientais para cada meio

Meio	Principais Aspectos Ambientais Relacionados
Físico	Qualidade da água superficial
	Características dos corpos d'água
	Características dos sistemas de drenagem
	Qualidade da água subterrânea
	Características dos lençóis subterrâneos
	Ruídos de fundo
	Erosão e assoreamento
	Uso de áreas inundáveis
	Uso potencial do solo
	Condições de estabilidade dos solos e encostas em geral
	Características geomorfológicas
	Qualidade do ar
	Paisagem: -Relevo e características topográficas; -Aparência da água; -Interfaces terra-água; -Elementos de composição; -Paisagem urbana; -Paisagem rural
Biótico	Cobertura vegetal
	Fauna
Socioeconômico	Uso e ocupação do solo
	Propriedade da terra, situação fundiária
	Economia regional
	Economia local
	Emprego e renda
	Qualidade de vida
	Infraestrutura social: -Saúde; -Educação; -Segurança pública; -Lazer.
	Infraestrutura básica e regional: -Transportes; -Energia; -Saneamento; -Habitação.
	Saúde pública
	Patrimônio natural e cultural
	Patrimônio arqueológico
	Infraestrutura regional

De posse dessas informações, puderam ser definidos os impactos ambientais resultantes mais significativos, através da montagem de Redes de Interação (apresentadas abaixo) relacionando ações, aspectos e impactos ambientais.

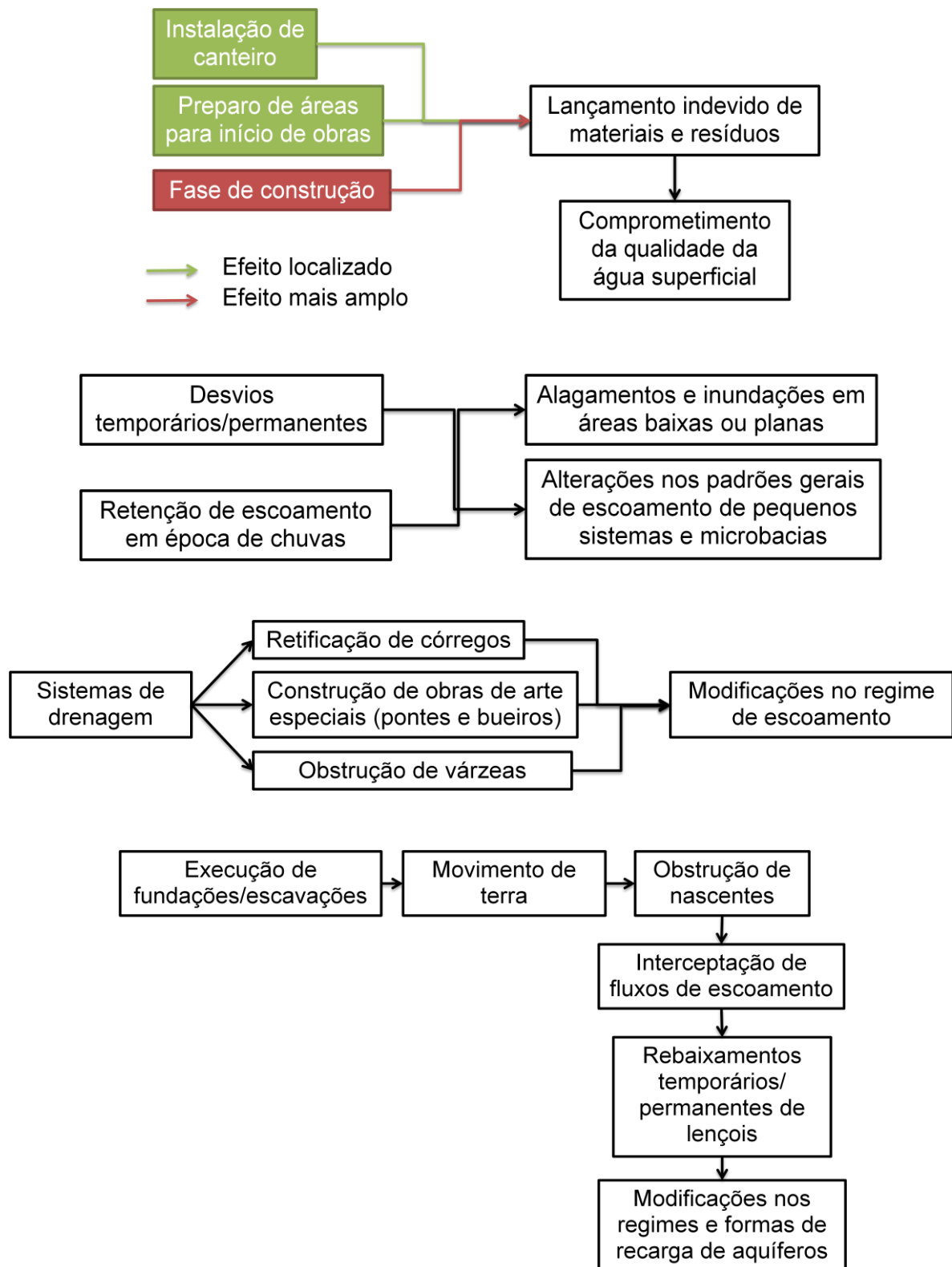


Figura 27 - Redes de interação (1)

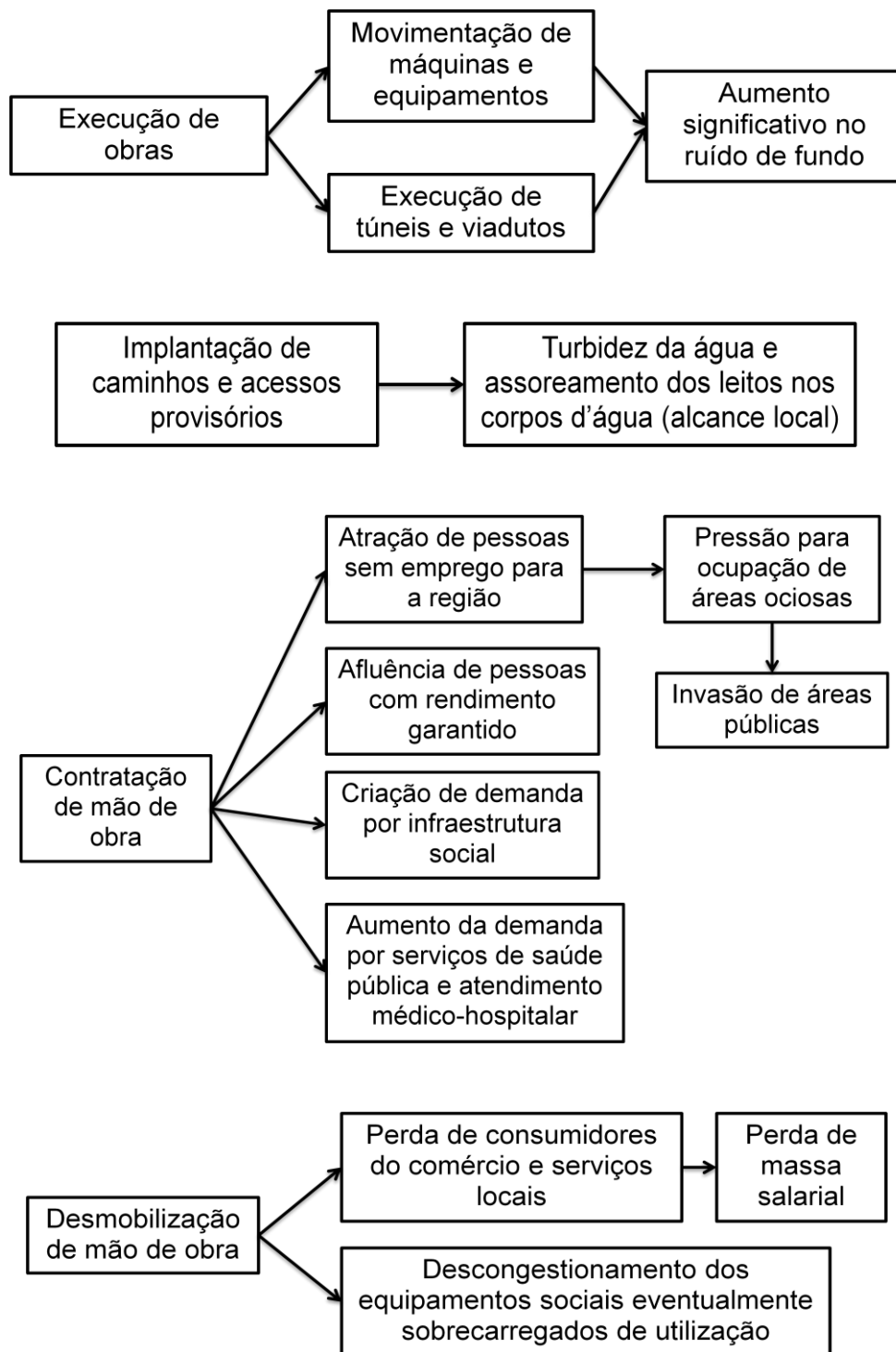


Figura 28 - Redes de interação (2)

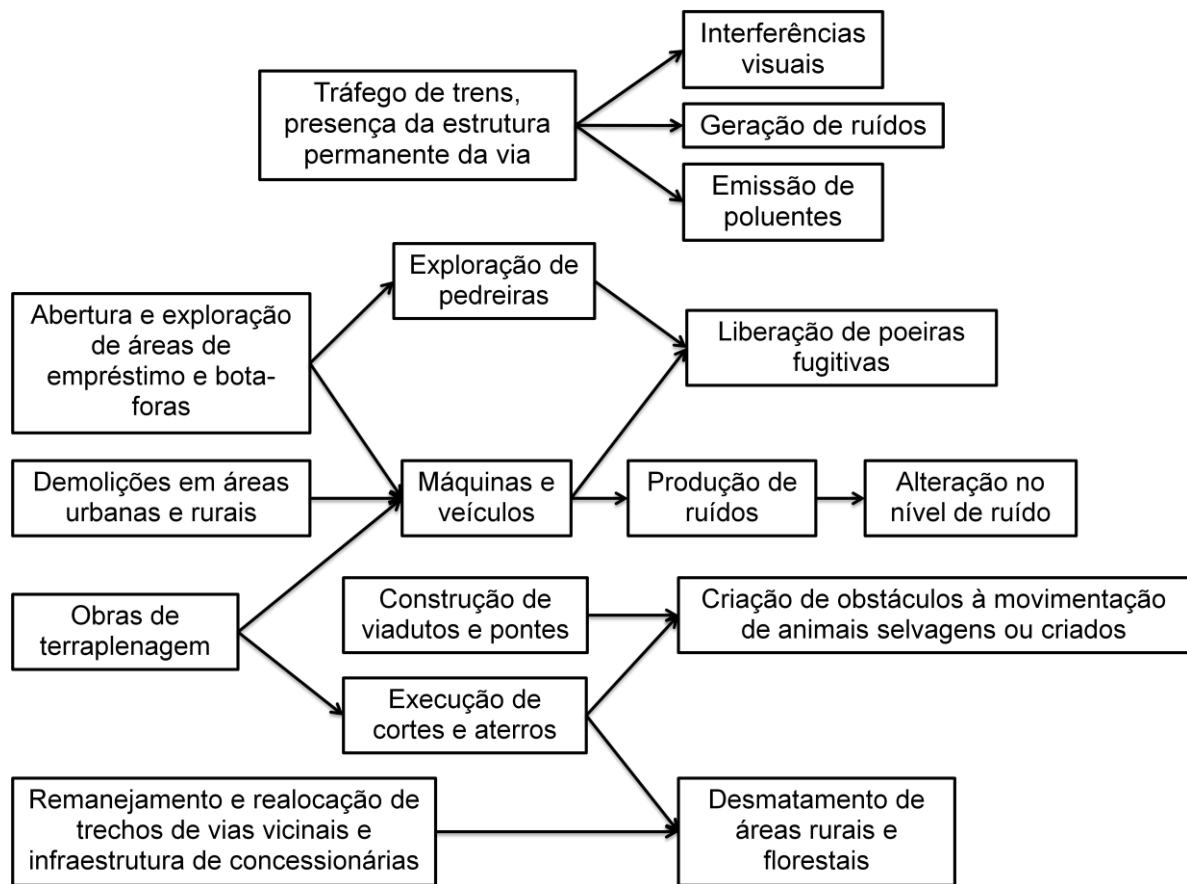


Figura 29 – Redes de interação (3)

Como o projeto do Ferroanel consiste em um eixo ferroviário, ou seja, trata-se de uma construção linear, suas principais interferências no meio biofísico serão sobre processos dinâmicos dentro dos ecossistemas, introduzindo no ambiente o que se chama de “efeito barreira” tanto para a fauna (como impedimento para migrações de espécies terrestres, por exemplo) quanto para cursos d’água (como desvio de córregos para a implantação da estrutura da via), e sobre o solo (com desmatamento, remoção de solo superficial, cortes, aterros, áreas de empréstimo e bota-fora, obras de contenção e drenagem, proteção superficial, obras de arte, etc.), induzindo fenômenos erosivos.

No entanto, os principais impactos ambientais causados pela implantação do Ferroanel serão observados no meio socioeconômico, principalmente durante as obras, devido à mobilização de mão de obra e atração de contingente populacional expressivo neste período.

8 CUSTOS

8.1 Custos de Implantação

O custo de implantação de um trecho ferroviário envolve os seguintes componentes básicos:

1. Canteiro de obras;
2. Terraplenagem e serviços preliminares;
3. Obras de drenagem e OACs;
4. Túneis;
5. OAEs;
6. Via permanente;
7. Serviços de proteção ao Meio Ambiente e vedação de faixa eventuais;
8. Sinalização;
9. Projetos/ATO, gerenciamento, Estudos de Impacto Ambiental (EIA)/Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA), remanejamento de populações;
10. Compensações ambientais;
11. Desapropriações.

Conhecidos tais componentes, é necessário buscar formas de estimar valores para seus respectivos custos.

Para estimar custos que envolvem terraplenagem e serviços preliminares (2), obras de drenagem e OACs (3), túneis (4), OAEs (5) e via permanente (6) dispunha-se de valores de custo totais e da extensão associada a cada componente para o traçado proposto em 2011 (fornecidos pela Vetec Engenharia Ltda.), atualizados para o ano de 2012 pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Foi possível calcular o preço unitário por km e multiplica-lo pelos valores de extensão do traçado alternativo proposto neste relatório.

Tabela 31 – Preços unitários – mar/2012

Componente	Total (R\$ em milhões)	Extensão (km)	Preço unitário (R\$ em milhões/km)
Terraplenagem e serviços preliminares	118,87	26,35	4,51
Drenagem e OAC	45,72	53,15	0,86
Túneis	516,66	13,60	37,98
OAEs	682,81	13,20	51,71
Via permanente	233,52	63,15	3,70

Os valores estimados para serviços de proteção ao Meio Ambiente e vedação de faixa eventuais (7), sinalização (8) e desapropriações (11) foram obtidos por meio de atualização de valores referentes ao ano de 2006, provenientes do “ESTUDO DOS PRINCIPAIS GARGALOS DO SETOR DE TRANSPORTE DE CARGA DO ESTADO DE SÃO PAULO E PROJETO FERROANEL DE SÃO PAULO”, de 2007, utilizado em item anterior para considerações sobre a demanda.

Tabela 32 – Preços Unitários (FIA – 2006)

Componente	Preço unitário (R\$ em milhões/km)
Serviços de proteção ao Meio Ambiente e vedação de faixa eventuais	15,80
Sinalização	3,70
Desapropriações	152,80

Para efetuar sua atualização, foram utilizados valores anuais registrados pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) para o IPCA, de 2007 até março de 2012.

Tabela 33 – Valores de IPCA (FGV)

Ano	IPCA (%)
2007	4,46
2008	5,90
2009	4,31
2010	5,91
2011	6,50
2012 (até março)	2,76

Tabela 34 - Valores atualizados segundo IPCA (em R\$ milhões)

Ano	Componente		
	Serviços de proteção ao Meio Ambiente e vedação de faixa eventuais	Sinalização	Desapropriações
2006	15,80	3,70	152,80
2007	16,50	3,86	159,61
2008	17,48	4,09	169,03
2009	18,23	4,27	176,32
2010	19,31	4,52	186,74
2011	20,57	4,82	198,88
2012	21,13	4,95	204,37

A Tabela 35 apresenta um resumo dos custos estimados para o traçado alternativo considerado neste estudo, diretamente ligados à implantação do empreendimento.

Tabela 35 - Custos de implantação (componentes 2 a 8)

Componente		Preço unitário (R\$ em milhões/km)	Extensão (km)	Total (R\$ em milhões)
2	Terraplenagem e serviços preliminares	4,51	41,30	186,27
3	Drenagem e OAC	0,86	66,91	57,54
4	Túneis	37,98	20,75	788,09
5	OAEs	51,71	4,86	251,31
6	Via permanente	3,7	76,91	284,56
7	Serviços de proteção ao Meio Ambiente e vedação de faixa eventuais	-	-	20,82
8	Sinalização	-	-	4,87
Custo total diretamente envolvido na implantação do trecho ferroviário				1.593,45

Em seguida, considerou-se que o custo de canteiro de obras seria equivalente a 2,5% do custo total diretamente envolvido na implantação da via (ou seja, a soma dos custos referentes aos componentes 2 a 8). Valores associados a compensações ambientais (componente 10) e projetos/ATO, gerenciamento, EIA/RIMA, remanejamento de populações (componente 9) foram estimados como 0,5% e 10%, respectivamente, deste mesmo custo.

A Tabela 36 apresenta os custos de implantação finais obtidos e as porcentagens pelas quais responde cada componente.

Tabela 36 - Custos de Implantação Totais

Componente		Preço unitário (R\$ em milhões/km)	Extensão (km)	Total (R\$ em milhões)	% Total
1	Canteiro de Obras	-	-	39,84	2,00%
2	Terraplenagem e Serviços Preliminares	4,51	41,30	186,27	9,30%
3	Drenagem e OAC	0,86	66,91	57,54	2,90%
4	Túneis	37,98	20,75	788,09	39,40%
5	OAEs	51,71	4,86	251,31	12,50%
6	Via Permanente	3,70	76,91	284,56	14,20%
7	Serviços de Proteção ao Meio Ambiente e vedação de faixa eventuais	-	-	20,82	1,00%
8	Sinalização	-	-	4,87	0,20%
9	Projetos/ATO; Gerenciamento; EIA/RIMA; Remanejamento de Populações	-	-	159,35	8,00%
10	Compensações Ambientais	-	-	7,97	0,40%
11	Desapropriações	-	-	201,32	10,10%
TOTAL				2.001,93	100,00%

Conforme a Tabela 36, o custo total estimado de implantação do Ferroanel Norte seria de aproximadamente 2 bilhões de reais. Os túneis representariam a maior parcela, totalizando quase 40% do custo total.

O prazo de obra seria de três anos e os desembolsos ocorreriam da seguinte maneira: 20% no primeiro ano, 40% no segundo ano e 40% no terceiro ano.

8.2 Custos Operacionais e de Aquisição de Material Rodante

O custo operacional abrange os custos dos serviços prestados, assim como despesas gerais, administrativas e comerciais.

Como mencionado anteriormente, foi considerado que a operação do Ferroanel Norte seria de responsabilidade da MRS Logística S/A, por ser este o cenário mais provável. Segundo seu balanço comercial do ano de 2011, o lucro líquido da concessionária foi de 600 milhões em cima de 2.700 milhões (valores em R\$), o que equivale a 22,2%.

Portanto, para o desenvolvimento da análise financeira, adotou-se que os custos totais operacionais e de aquisição de material rodante correspondem a 80% da receita total.

9 RECEITA

Para a estimativa da receita, foram utilizados os valores de frete obtidos através de um simulador tarifário da MRS Logística S.A. disponível no site da ANTT. Neste simulador, os dados de entrada são o tipo de produto e a distância ferroviária. A partir destes dados, o simulador calcula a tarifa com base em parcela fixas e variáveis de cada tipo de produto, em função da distância.

ESCOLHA O PRODUTO:

AREIA ▼

VIGÊNCIA: **RESOLUÇÃO ANTT**

04/03/2011 3.645

CONCESSIONÁRIA: MRS Logística
TABELA TARIFÁRIA PARA AREIA

BASES DAS TARIFAS (NÃO INCLUIDO O ICMS)

FAIXAS QUILOMÉTRICAS			R\$/T.KM
ATÉ		400	0,04875
DE 401	a	800	0,04399
DE 801	a	1600	0,03391
DE 1601	EM DIANTE		0,02428
PARCELA FIXA	R\$/T		6,48
Distância Ferroviária (km):	93		Tarifa em R\$/T
Distância Tarifária (km):	100		11,36

Figura 30 - Simulador tarifário disponível no site da ANTT

As distâncias ferroviárias foram obtidas através de uma tabela disponível no site da MRS. Entretanto, esta tabela apresenta as distâncias da malha atual da concessionária, ou seja, sem o trecho norte do Ferroanel.

De	Para															
	Belo Horizonte	Campinas	Conselheiro Lafaiete	Itaguaí	Itaquaquecetuba	Juiz de Fora	Jundiaí	Rio de Janeiro	Santos	São João del Rei	São José dos Campos	São Paulo	Taubaté	Volta Redonda		
Belo Horizonte (MG)																
Campinas (SP)	856															
Conselheiro Lafaiete (MG)	160	765														
Itaguaí (RJ)	553	563	462													
Itaquaquecetuba (SP)	709	147	618	416												
Juiz de Fora (MG)	360	464	195	269	517											
Jundiaí (SP)	803	53	712	510	94	611										
Rio de Janeiro (RJ)	578	588	487	67	441	294	535									
Santos (SP)	781	193	690	488	82	589	140	513								
São João del Rei (MG)	230	626	139	323	479	334	573	348	551							
São José dos Campos (SP)	636	220	545	343	73	444	167	368	145	406						
São Paulo (SP)	740	121	654	452	36	553	68	477	72	515	109					
Taubaté (SP)	598	258	507	305	111	406	205	330	183	368	38	147				
Volta Redonda (RJ)	436	446	345	117	299	218	393	142	371	206	226	335	188			

Figura 31 - Matriz de distâncias ferroviárias entre as diferentes origens e destinos

Portanto, o cálculo destas distâncias foi realizado da seguinte maneira:

Trecho Campinas – Santos: 202 km

- Campinas – Jundiaí/Campo Limpo Pta: 53 km
- Jundiaí/Campo Limpo Pta – Itaquaquecetuba (Ferroanel Norte): 67 km
- Itaquaquecetuba – Santos: 82 km

Trecho Manuel Feio – Jundiaí: 77 km

- Manuel Feio – Campo Limpo Paulista (Ferroanel Norte): 67 km
- Campo Limpo Paulista – Jundiaí: 10 km

Trecho Manuel Feio – Campinas: 130 km

- Manuel Feio – Campo Limpo Paulista (Ferroanel Norte): 67 km
- Campo Limpo Paulista – Jundiaí: 10 km
- Jundiaí – Campinas: 53 km

Trecho Manuel Feio – Mairinque: 209 km

- Manuel Feio – Campo Limpo Pta/Jundiaí (Ferroanel Norte): 67 km
- Campo Limpo Pta/Jundiaí – Campinas: 53 km
- Campinas – Mairinque (Tabela 37): 89 km

Tabela 37 - Distâncias Ferroviárias – Revista do BNDES, Rio de Janeiro, V.12, N.24, P.189-210, DEZ 2005

Trechos Ferroviários Compartilhados para o Acesso ao Porto de Santos

TRECHOS	KM	LINHA	CONTROLADORA	DEPENDENTES
Rubião Júnior–Mairinque	209	bitola métrica	Novoeste	ALL
Campinas–Mairinque	89	três trilhos	Ferroban	FCA
Mairinque–Evangelhista de Souza	103	três trilhos	Ferroban	FCA, Novoeste e ALL
Evangelhista de Souza–Paratinga	41	dupla	Ferroban	FCA, Novoeste e ALL
Paratinga–Perequê	19	três trilhos	Ferroban	FCA, Novoeste e ALL
Perequê–Conceiçãozinha	25	três trilhos	MRS	Ferroban, FCA, Novoeste e ALL
Perequê–Valongo	16	bitola larga	MRS	Ferroban, FCA, Novoeste e ALL
Valongo–Ponta da Praia	–	–	MRS e Ferroban	FCA, Novoeste e ALL

Realizando as simulações para todos os produtos, obtiveram-se as tarifas conforme Tabela 38.

Tabela 38 - Tarifas segundo simulador tarifário da MRS Logística S.A.

Produto	Origem	Destino	Distância de cálculo (km)	Tarifas (R\$/t)
Granéis Vegetais	Campinas	Santos	200	29,66
Fertilizantes	Santos/Cubatão	Campinas	200	41,91
Siderúrgicos	Cubatão	Campinas	200	31,93
Contêineres	Santos	Campinas	200	58,02
Contêineres	Campinas	Santos	200	55,92
Areia	Manuel Feio	Jundiaí	100	11,36
Siderúrgicos	Manuel Feio	Campinas	150	26,98
Bauxita	Manuel Feio	Mairinque	200	21,49
Enxofre	Manuel Feio	Jundiaí	100	27,29
Enxofre	Manuel Feio	Campinas	150	32,37
Siderúrgicos	Manuel Feio	Mairinque	200	31,93
Siderúrgicos	Manuel Feio	Jundiaí	100	22,03

Com os valores das demandas anuais e das tarifas por produto e por trecho, foram obtidas as receitas potenciais anuais, conforme Tabela 39.

Tabela 39 - Receitas potenciais anuais

Produto	Trecho	Receita Potencial (R\$ milhões)			
		2016	2026	2036	2045
Granéis Vegetais	Campinas-Santos	128,65	181,48	232,31	265,62
Fertilizantes	Santos/Cubatão-Campinas	83,79	118,19	151,30	172,99
Siderúrgicos	Cubatão-Campinas	15,65	22,07	28,25	32,30
Contêineres	Santos-Campinas	38,10	53,74	68,80	78,66
Contêineres	Campinas-Santos	39,56	55,80	71,43	81,67
Areia	Manuel Feio-Jundiaí	0,60	0,84	1,08	1,23
Siderúrgicos	Manuel Feio-Campinas	2,91	4,11	5,25	6,01
Bauxita	Manuel Feio-Mairinque	51,28	72,33	92,59	105,87
Enxofre	Manuel Feio-Jundiaí	3,32	4,68	5,99	6,84
Enxofre	Manuel Feio-Campinas	4,41	6,22	7,96	9,11
Siderúrgicos	Manuel Feio-Mairinque	3,44	4,86	6,22	7,11
Siderúrgicos	Manuel Feio-Jundiaí	1,52	2,14	2,74	3,13
Total		373,23	526,46	673,92	770,54

10 ANÁLISE DE VIABILIDADE

10.1 Viabilidade Financeira

De posse dos dados de custo e receita obtidos nos itens anteriores, procedeu-se ao desenvolvimento de um modelo de análise financeira através de uma planilha Excel. A Tabela 40 mostra as considerações realizadas no modelo.

Tabela 40 - Considerações do modelo de análise financeira	
Período de Obra	3 anos (início no ano 1 e término no ano 3)
Desembolsos	20% no ano 1, 40% no ano 2 e 40% no ano 3
Tipo de Concessão	Comum ou PPP
Período de Concessão	30 anos (início no ano 4 e término no ano 33)
Valor da Contraprestação	Varia em função do aporte do poder público
Taxa Interna de Retorno	Expectativa de TIR para licitação pública: 5,5 % a.a.
Impostos e Tributos	IR + CSLL;
Depreciação	Depreciação da obra e do material rodante ao longo do período de concessão
Custos Totais	80% da Receita Total
Demanda	Crescimento de 3,5 % (até 2026), 2,5% (2027-2036) e 1,5% (2037-2045)
Receita	Função do frete praticado e da demanda potencial, ao longo do período de concessão

Adotou-se uma expectativa de Taxa Interna de Retorno (TIR) de 5,5% a.a., pois esta é a taxa de retorno estipulada pelo poder público para as licitações de concessões.

Para consideração de impostos indiretos no fluxo de caixa, tomou-se conhecimento do instituído pela Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007, sobre o Regime Especial de Incentivos ao Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI):

“Art. 2º É beneficiária do REIDI a pessoa jurídica que tenha projeto aprovado para implantação de obras de infraestrutura nos setores de transportes, portos, energia, saneamento básico e irrigação.

Art. 4º No caso de venda ou importação de serviços destinados a obras de infraestrutura para incorporação ao ativo imobilizado, fica suspensa a exigência:

I - da Contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS incidentes sobre a prestação de serviços efetuada por pessoa jurídica estabelecida no País quando os referidos serviços forem prestados à pessoa jurídica beneficiária do REIDI; ou

II - da Contribuição para o PIS/PASEP-Importação e da COFINS-Importação incidentes sobre serviços quando os referidos serviços forem importados diretamente por pessoa jurídica beneficiária do REIDI.”

Segundo o §2º do art. 3º da mesma Lei, as suspensões tratadas por ele se convertem em alíquota zero para os beneficiários.

Considerando incidência da cobrança da Contribuição para o Programa de Integração Social (PIS) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) sobre a receita, tem-se alíquota total de 3,65%, descontados linearmente sobre os investimentos na obra do Ferroanel. Trata-se de uma aproximação para serem alcançados valores de custo mais reais, já que tal desconto deveria ser dado sobre cada custo unitário a que o REIDI se aplica, conforme todos os demais artigos não citados.

Para medida de atratividade, fez-se uso do custo de capital, que indica a remuneração mínima exigida por acionistas e credores na alocação de capital na empresa. Tal custo é composto de uma série de variáveis, sendo necessária a aplicação de métodos que realizem sua previsão, baseada em alguns índices. Foi aplicada a metodologia do custo médio ponderado de capital ou Weighted Average Cost of Capital (WACC).

O WACC é calculado como indicada a equação abaixo.

$$WACC = \frac{P}{P + D} \times r_P + \frac{D}{P + D} \times r_D \times (1 - T) \quad (16)$$

Onde:

P : capital próprio;

D : capital de terceiros (dívidas);

T : alíquota tributária;

r_P : custo do capital próprio;

r_D : custo do capital de terceiros.

A Figura 32 representa o modelo criado no Excel utilizado para a análise financeira.

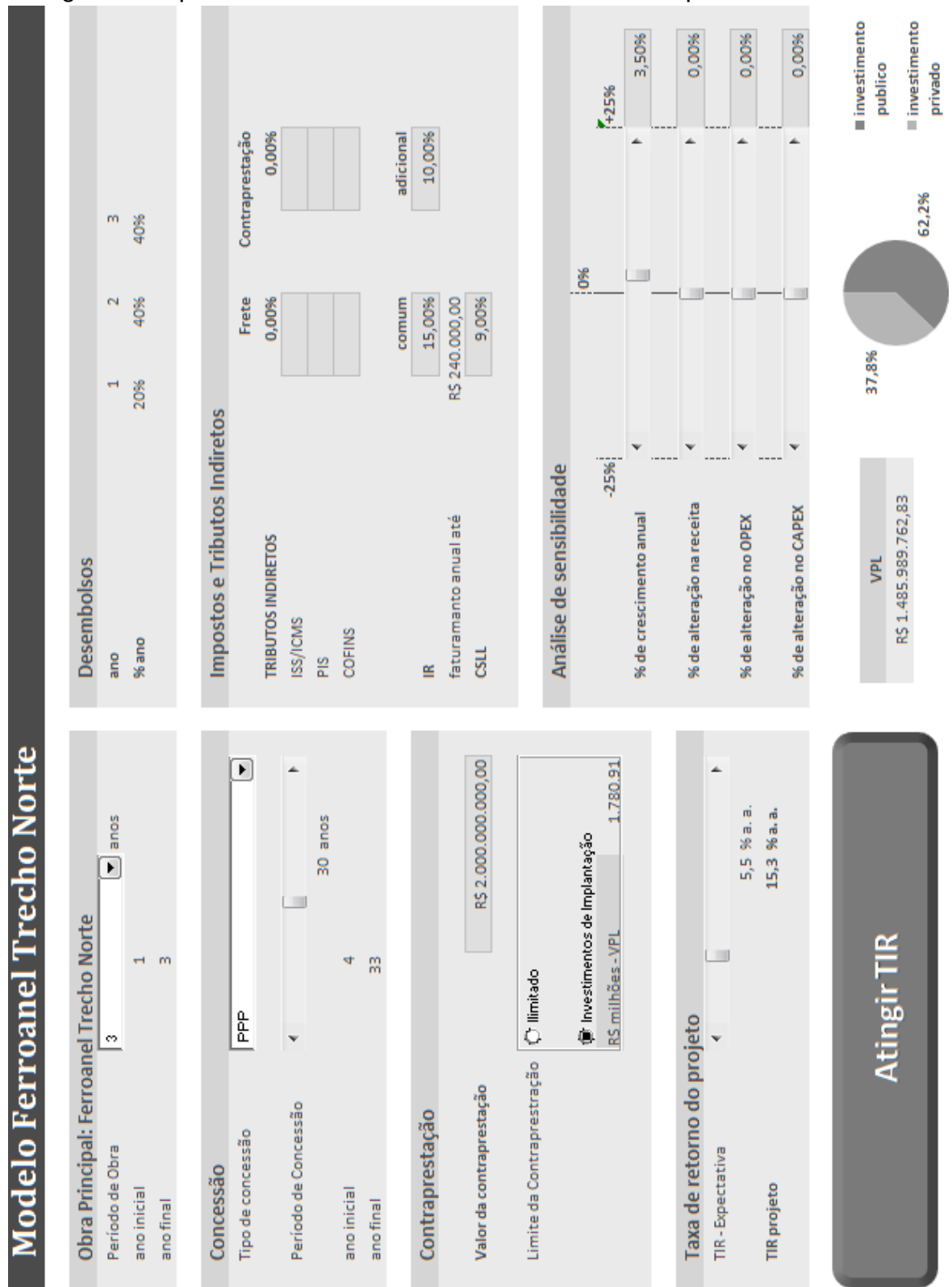


Figura 32 - Modelo de Análise Financeira

Realizando uma simulação na qual não há participação do Poder Público nos investimentos, obteve-se uma TIR de 2,8% a.a., o que significa que há viabilidade financeira para o Ferroanel Norte. Entretanto, esta taxa de retorno não é atrativa para a concessionária.

Desta forma, para que a TIR de 5,5% a.a. fosse atingida, deveria ocorrer um aumento de 56% na receita.

Portanto, para que a TIR torne-se atrativa, deve haver um aporte do Poder Público nos custos de implantação do Ferroanel Norte. Foram consideradas diversas hipóteses, nas quais se variou a porcentagem do aporte do Poder Público na Parceria Público-Privada (PPP). Na Tabela 41 encontram-se as hipóteses simuladas, bem como os resultados obtidos em cada uma.

Tabela 41 – Valores de TIR para cada parcela de aporte do poder público

Hipótese	Aporte do Poder Público (%)	TIR (% a.a.)
1	100	15,0
2	90	12,1
3	80	10,0
4	70	8,5
5	60	7,2
6	50	6,2
7	40	5,4

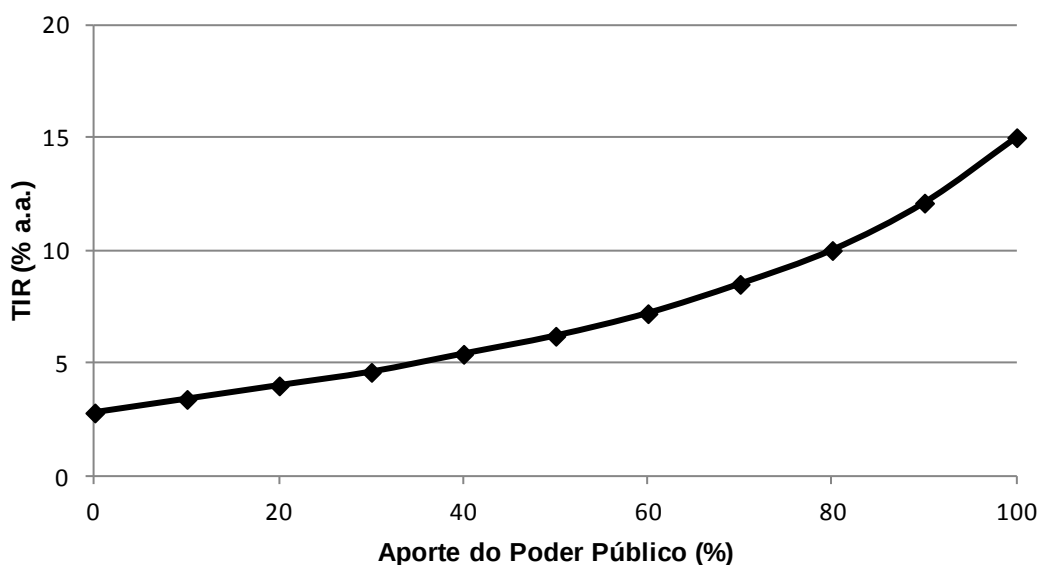


Figura 33 - Gráfico Aporte do Poder Público x TIR

Percebe-se que a implantação do trecho norte do Ferroanel torna-se interessante para a concessionária se o Poder Público oferecer um aporte na construção da

infraestrutura de no mínimo 70%. Para garantir uma TIR superior 5,5% a.a., deve haver um aporte de 50%.

Deve-se destacar que, no caso da infraestrutura de transportes, o sistema concorrencial não conduz ao ótimo econômico, já que concorrentes podem aumentar sua atratividade em relação à preferência do consumidor, reduzindo preços. Isto pode prejudicar todo o sistema, como é o caso do frete rodoviário. Considerando tais aspectos, justifica-se a intervenção estatal, para equilibrar receitas e despesas do sistema, cobrindo o déficit gerado pela redução de preços.

Análise de Sensibilidade

Foram simuladas também possíveis variações na demanda e nos custos de implantação.

Em um primeiro caso, admitiu-se uma redução de 10% na demanda anual e um aumento de 10% nos custos de implantação, simultaneamente. Os resultados dessa primeira análise são mostrados na Tabela 42.

Tabela 42 - Simulação com redução de 10% na demanda e aumento de 10% nos custos de implantação

Hipótese	Aporte do Poder Público (%)	TIR (% a.a.)
1	100	10,6
2	90	8,8
3	80	7,4
4	70	6,3
5	60	5,4

Percebe-se, com essa simulação, que os resultados de TIR são menores do que os mostrados acima. Assim, para se garantir uma TIR mínima de 5,5% a.a. seria necessário um aporte do poder público de 70% (não 50% como verificado anteriormente).

A Tabela 43 abaixo mostra uma segunda análise, com redução de 25% nos valores de demanda e aumento de 25% nos custos de implantação.

Tabela 43 - Simulação com redução de 25% na demanda e aumento de 25% nos custos de implantação

Hipótese	Aporte do Poder Público (%)	TIR (% a.a.)
1	100	6,3
2	90	5,2
3	80	4,4
4	70	3,6
5	60	3,0
6	50	2,4
7	40	1,9
8	30	1,5
9	20	1,0
10	10	0,7
11	0	0,2

Neste caso, o investimento torna-se bem menos atraente, sendo necessários 100% de aporte do poder público para se garantir a TIR mínima de 5,5% a.a..

Ressalta-se aqui que, nesta primeira análise, foram contabilizados apenas ganhos do ponto de vista privado.

10.2 Avaliação Econômica

A avaliação econômica deve considerar, além dos aspectos financeiros, possíveis benefícios sociais e ambientais provenientes da implantação do Ferroanel, em questões que envolvem direta ou indiretamente a saúde pública (como a redução de poluição e de acidentes) e outras externalidades, que podem justificar a relevante participação do Estado nos investimentos em infraestrutura.

Aqui atentamos para a importância do transporte ferroviário como alternativa de transporte de carga em relação ao rodoviário, responsável pela maior parcela do transporte de carga no país.

A não implantação do projeto Ferroanel Norte implicaria na transferência da demanda prevista no trecho Campinas – Santos (granéis vegetais, fertilizantes, siderúrgicos e contêineres) para a ALL. Entretanto, a distância ferroviária através das linhas da ALL seria maior do que aquela utilizando-se o Ferroanel Norte e as demais linhas da MRS.

De acordo com a Tabela 44, o percurso total pelas linhas da ALL entre Campinas e Santos corresponde a 293 km, enquanto com a construção do Ferroanel esta

extensão seria equivalente a aproximadamente 200 km, reduzindo em 45% a distância final.

Tabela 44 - Distâncias Ferroviárias – Revista do BNDES, Rio de Janeiro, V.12, N.24, P.189-210, DEZ 2005

Trechos Ferroviários Compartilhados para o Acesso ao Porto de Santos

TRECHOS	KM	LINHA	CONTROLADORA	DEPENDENTES
Rubião Júnior–Mairinque	209	bitola métrica	Novoeste	ALL
Campinas–Mairinque	89	três trilhos	Ferroban	FCA
Mairinque–Evangelhista de Souza	103	três trilhos	Ferroban	FCA, Novoeste e ALL
Evangelhista de Souza–Paratinga	41	dupla	Ferroban	FCA, Novoeste e ALL
Paratinga–Perequê	19	três trilhos	Ferroban	FCA, Novoeste e ALL
Perequê–Conceiçãozinha	25	três trilhos	MRS	Ferroban, FCA, Novoeste e ALL
Perequê–Valongo	16	bitola larga	MRS	Ferroban, FCA, Novoeste e ALL
Valongo–Ponta da Praia	–	–	MRS e Ferroban	FCA, Novoeste e ALL

Com relação à demanda prevista com origem em Manoel Feio, esta seria totalmente direcionada para o transporte rodoviário, uma vez que a partir de 2015 os trens de carga não poderão compartilhar as linhas da CPTM. Esta mudança de modal acarreta em maior custo, pois além do transbordo, existe o pagamento das tarifas de pedágio.

Para o cálculo dos custos de transporte rodoviários, utilizaram-se valores de custos fixos e variáveis retirados do Estudo de Viabilidade do Corredor Bioceânico Ferroviário, por tipo de produto (Tabela 45).

Para o cálculo do custo total do pedágio, utilizou-se a tarifa quilométrica de 0,14 R\$/km¹, com caminhão-tipo PBTC 41,5 t (Figura 34), com cinco eixos e capacidade média de 30 toneladas (DNIT, 2006). Adotaram-se as mesmas premissas dos custos de transportes, ou seja, para areia, bauxita e enxofre, considerou-se também o pedágio pago no retorno.

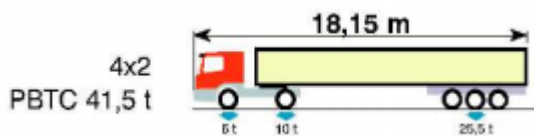


Figura 34 - PBTC 41,5 t (DNIT, 2006)

A Tabela 47 apresenta o custo total de pedágio por tipo de produto.

Tabela 47– Custo total do pedágio

Produto	Origem - Destino	Demanda (t)	Distância Rodoviária (km)	Pedágio (R\$/caminhão)	Número de caminhões	Custo Pedágio (R\$)
Areia	Manuel Feio - Jundiaí	45.875	100	140,00	1.529	214.083,33
Siderúrgicos	Manuel Feio - Campinas	94.000	133	93,10	3.133	291.713,33
Bauxita	Manuel Feio - Mairinque	2.079.375	110	154,00	69.313	10.674.125,00
Enxofre	Manuel Feio - Jundiaí	105.875	100	140,00	3.529	494.083,33
Enxofre	Manuel Feio - Campinas	118.750	133	186,20	3.958	737.041,67
Siderúrgicos	Manuel Feio - Mairinque	94.000	110	77,00	3.133	241.266,67
Siderúrgicos	Manuel Feio - Jundiaí	60.000	100	70,00	2.000	140.000,00
TOTAL						12.792.313,33

Somando-se o custo de transporte e pedágio, obteve-se um custo total anual de transporte rodoviário de R\$ 131.848.244,36.

Já a tabela abaixo indica os custos totais por produto para o transporte ferroviário. Como observado, se considerada apenas a demanda com origem em Manoel Feio, o custo total de transporte ferroviário com a implantação do Ferroanel Norte é de R\$ 47.039.612,00.

Tabela 48 - Custo total por produto (transporte ferroviário)

Produto	Trecho	Custo (R\$) 2012
Areia	Manuel Feio-Jundiaí	416.912
Siderúrgicos	Manuel Feio-Campinas	2.028.896
Bauxita	Manuel Feio-Mairinque	35.748.615
Enxofre	Manuel Feio-Jundiaí	2.311.463
Enxofre	Manuel Feio-Campinas	3.075.150
Siderúrgicos	Manuel Feio-Mairinque	2.401.136
Siderúrgicos	Manuel Feio-Jundiaí	1.057.440
Total		47.039.612

Portanto, o custo do transporte rodoviário é quase três vezes maior que o ferroviário.

¹ Extraído do site da ARTESP

10.2.1 Resultados obtidos

Conforme mencionado anteriormente, o custo de transporte rodoviário é superior ao ferroviário. Portanto, verificou-se em quanto tempo esta diferença de custo atingiria o valor da implantação do Ferroanel, ou seja, realizou-se uma análise de payback.

O payback corresponde ao ano no qual:

$$\Sigma VPL(\Delta \text{ custos})_n - VPL(\text{custo de implantação})_n = 0.$$

Utilizando-se uma taxa de juros de 5,5% a.a., o payback obtido corresponde ao ano 28, conforme pode ser observado no gráfico abaixo. (Figura 35).

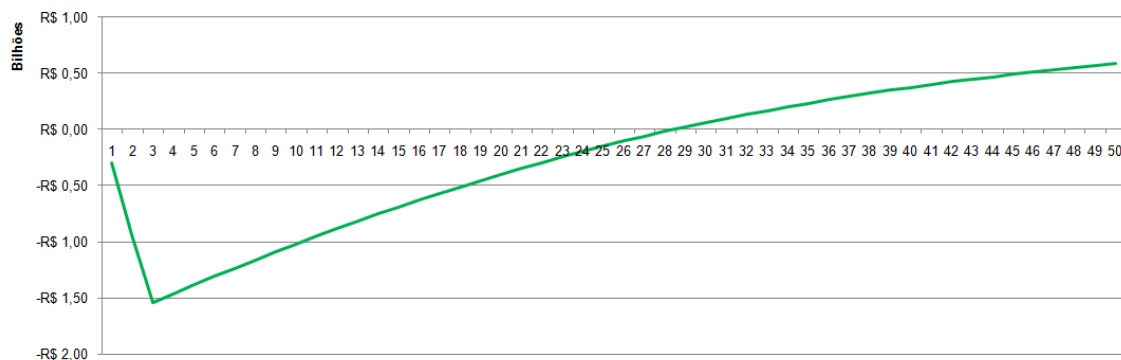


Figura 35 – Saldo em caixa acumulado para taxa de juros de 5,5% a.a.

A Figura 36 mostra o “fluxo de caixa” para a situação acima.

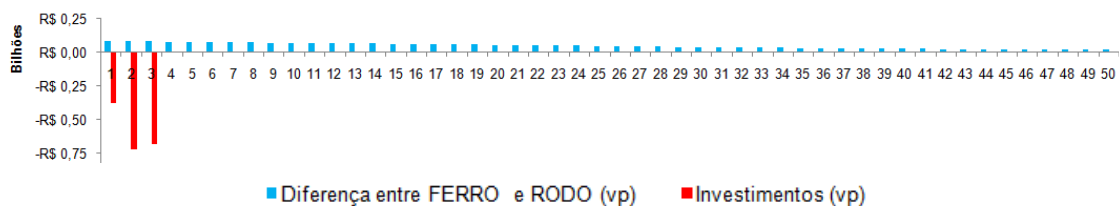


Figura 36 - "Fluxo de caixa" para a situação descrita

Realizando uma análise de sensibilidade na qual se considera diminuição de 10% nas diferenças de custos entre os modais rodoviário e ferroviário e aumento no custo da infraestrutura de 10%, o payback obtido foi no ano 40 (Figura 37).

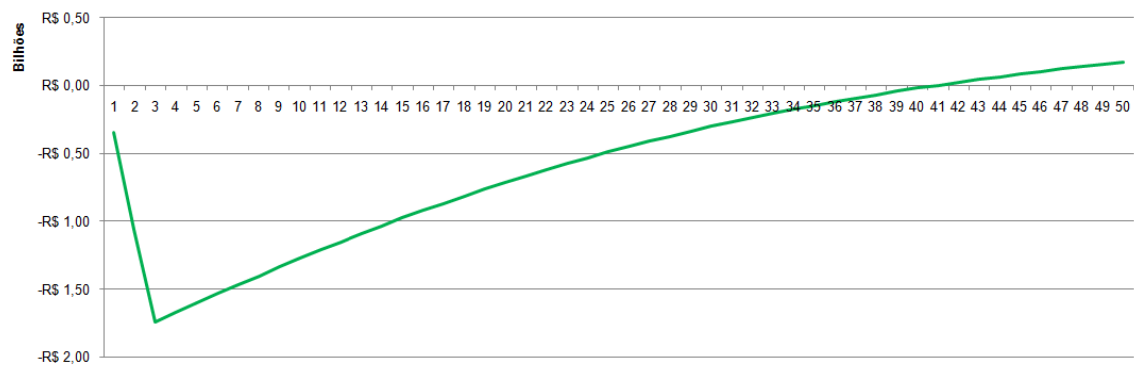


Figura 37 - Saldo em caixa acumulado para o cenário proposto para análise de sensibilidade

10.2.2 Algumas Externalidades

Na análise de viabilidade de um empreendimento, além de aspectos relativos ao investimento e retorno financeiros, deve ser considerada sua capacidade de fornecer retorno econômico e social. Externalidades são efeitos positivos ou negativos provenientes do processo de produção sobre terceiros, inerentes a este processo, cuja quantificação apresenta inúmeras dificuldades.

Para o caso do transporte ferroviário, os impactos positivos para a sociedade são muito maiores que os negativos, não podendo ser medidos na grande maioria, e a provisão desse serviço afeta diretamente as escolhas de consumo e produção de diversos agentes da economia, podendo levar a uma alocação de recursos ineficientes. Assim, como se trata de externalidades com grandes impactos sociais, como é o caso das ferrovias, a compensação pelo governo na forma de subsídio à implantação do sistema se faz plausível pelos benefícios gerados à população e economia como um todo, como afirma Lang (2007).

Rondani e Fagá (1998), também mencionados por Lang (2007) observam que o tempo de vida útil das ferrovias é muito maior que o das rodovias, ainda que a mesma necessite de troca de dormentes e outros reparos.

Além disso, a implantação da ferrovia pode gerar aumento de produção e volume, redução de acidentes e redução de passagens em nível.

Outro fator a considerar é a redução da poluição do ar provocada pelos veículos de transporte rodoviário que, segundo dados do Relatório de Qualidade de Ar no Estado de São Paulo de 2011, elaborado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), responde atualmente por 3,89% das emissões de monóxido de carbono, 4,74% das emissões de hidrocarbonetos, 42,51% das emissões de óxidos de nitrogênio e 23,8% das emissões de material particulado na Região Metropolitana de São Paulo (Tabela 45). A redução de níveis de poluição pode ser associada a diversos outros benefícios, dentre eles os relacionados à saúde pública e melhoria ou manutenção da qualidade ambiental, no que diz respeito a aspectos físicos e biológicos.

Tabela 45 – Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP.

Categoria			Combustível	Emissão (1000 t/ano)					
				CO	HC	NO _x	MP	SO _x	
M Ó V E I S	Automóveis		Gasolina	74,92	5,12	4,82	nd		
			Etanol	13,81	1,46	1,16	nd		
			Flex	21,32	2,41	2,07	nd		
	Evaporativa ¹		-	-	9,05	-	-		
	Comerciais Leves		Gasolina	8,71	0,62	0,60	nd		
			Etanol	1,25	0,13	0,11	nd		
			Flex	0,97	0,11	0,09	nd		
			Diesel	0,46	0,12	2,39	0,06		
	Evaporativa ¹		-	-	0,99	-	-		
	Caminhões	Leves	Diesel	0,26	0,08	1,49	0,06		
		Médios		1,30	0,41	7,36	0,28		
		Pesados		4,69	1,19	26,96	0,69		
	Ônibus	Urbanos	Diesel	3,00	0,81	16,80	0,52		
		Rodoviários		0,70	0,19	3,98	0,12		
	Motocicletas		Gasolina	24,99	4,57	0,97	nd		
Flex			0,06	0,01	0,01	nd			
Total Emissão Veicular (2010)			156,43	27,27	68,82	1,74	3,11 ²		
F I X A	Operação de Processo Industrial (2008)			4,18 ³	4,7 ³	15,43 ³	3,06 ³	5,59 ³	
	(Número de indústrias inventariadas)			(62)	(121)	(161)	(198)	(146)	
	Base de combustível líquido (2009) (18 empreendimentos)			-	3,40 ⁴	-	-	-	
TOTAL GERAL				160,61	35,37	84,25	4,80	8,70	

A partir da análise dos custos e benefícios ambientais, torna-se evidente a viabilidade econômica da implantação do Ferroanel se comparada à utilização do transporte rodoviário.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível verificar a complexidade do problema de implantação do Ferroanel Norte e seus prováveis impactos, tanto no sistema de transportes brasileiro, quanto do ponto de vista ambiental e logístico.

No que se refere à viabilidade técnica, não oferece grandes obstáculos. A maior dificuldade encontrada na construção do traçado alternativo para o Ferroanel Norte é a grande extensão em túneis, devido às limitações ambientais.

Verifica-se que o projeto é também viável do ponto de vista ambiental, levando em consideração que causaria poucos impactos de grande magnitude, sendo que alguns deles serão minimizados pela construção dos túneis.

A viabilidade financeira também é verificada, desde que ocorra uma Parceria Público-Privada. Para a concessionária, é interessante que o aporte do Poder Público seja de, no mínimo, 70% do custo da infraestrutura. Como o Poder Público considera taxa de atratividade de 5,5% a.a. (equivalente a aporte de 50% da infraestrutura), devem ser avaliados os interesses de ambas as partes para se determinarem os respectivos percentuais de investimento.

Quanto à viabilidade econômica, observa-se que os efeitos gerados pela implantação do Ferroanel serão positivos para a sociedade como um todo.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Disponível em: <www.antt.gov.br/>. Acesso em: 15 mai. 2012.

AGNELLI, Ma. Sueli S. S.. **Proposta do Ferroanel na RMSP**. 2009. Monografia – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo.

BARAT, Josef. Transporte ferroviário de carga no Brasil. **Desafios do Desenvolvimento**, Edição nº 55, Brasília, 9 dez. 2009. Disponível em:<http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=1066:catid=28&Itemid=23>. Acesso em: 26 out. 2012

BRASIL. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, V.12, N.24, P.189-210, dez 2005.

BRASIL. Decreto nº 11.488 de 15 de junho de 2007. Cria o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infra-Estrutura - REIDI; reduz para 24 (vinte e quatro) meses o prazo mínimo para utilização dos créditos da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS decorrentes da aquisição de edificações; amplia o prazo para pagamento de impostos e contribuições; altera a Medida Provisória nº 2.158-35, de 24 de agosto de 2001, e as Leis nºs 9.779, de 19 de janeiro de 1999, 8.212, de 24 de julho de 1991, 10.666, de 8 de maio de 2003, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 4.502, de 30 de novembro de 1964, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, 10.426, de 24 de abril de 2002, 10.833, de 29 de dezembro de 2003, 10.892, de 13 de julho de 2004, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.848, de 15 de março de 2004, 10.865, de 30 de abril de 2004, 10.925, de 23 de julho de 2004, 11.196, de 21 de novembro de 2005; revoga dispositivos das Leis nºs 4.502, de 30 de novembro de 1964, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, e do Decreto-Lei nº 1.593, de 21 de dezembro de 1977; e dá outras providências. Cria o Parque Estadual de Itaberaba, o Parque Estadual de Itapetinga, a Floresta Estadual de Guarulhos, o Monumento Natural Estadual da Pedra Grande e dá providências correlatas. **Receita Federal**. São Paulo, 15 jun. 2007. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/Leis/2007/lei11488.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2012.

BRASIL. **Download de dados geográficos**. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 26 mai. 2012.

BRASIL. Lei nº 12.379 de 6 de janeiro de 2011. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Viação - SNV; altera a Lei no 9.432, de 8 de janeiro de 1997; revoga as Leis nos 5.917, de 10 de setembro de 1973, 6.346, de 6 de julho de 1976, 6.504, de 13 de dezembro de 1977, 6.555, de 22 de agosto de 1978, 6.574, de 30 de setembro de 1978, 6.630, de 16 de abril de 1979, 6.648, de 16 de maio de 1979, 6.671, de 4 de julho de 1979, 6.776, de 30 de abril de 1980, 6.933, de 13 de julho de 1980, 6.976, de 14 de dezembro de 1980, 7.003, de 24 de junho de 1982, 7.436, de 20 de dezembro de 1985, 7.581, de 24 de dezembro de 1986, 9.060, de 14 de junho de 1995, 9.078, de 11 de julho de 1995, 9.830, de 2 de setembro de 1999, 9.852, de 27 de outubro de 1999, 10.030, de 20 de outubro de 2000, 10.031, de 20 de outubro de 2000, 10.540, de 1o de outubro de 2002, 10.606, de 19 de dezembro de 2002, 10.680, de 23 de maio de 2003, 10.739, de 24 de setembro de 2003, 10.789, de 28

de novembro de 2003, 10.960, de 7 de outubro de 2004, 11.003, de 16 de dezembro de 2004, 11.122, de 31 de maio de 2005, 11.475, de 29 de maio de 2007, 11.550, de 19 de novembro de 2007, 11.701, de 18 de junho de 2008, 11.729, de 24 de junho de 2008, e 11.731, de 24 de junho de 2008; revoga dispositivos das Leis nos 6.261, de 14 de novembro de 1975, 6.406, de 21 de março de 1977, 11.297, de 9 de maio de 2006, 11.314, de 3 de julho de 2006, 11.482, de 31 de maio de 2007, 11.518, de 5 de setembro de 2007, e 11.772, de 17 de setembro de 2008; e dá outras providências. **Portal da Legislação**. Brasília, DF, 6 jan. 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12379.htm>. Acesso em: 26 out. 2012.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Estudo dos Principais Gargalos do Setor de Transporte de Carga do Estado de São Paulo e Projeto Ferroanel de São Paulo**. Brasília, jun. 2007.

BRASIL. Nota Técnica nº 663/2012/STN/SEAE/MF. Taxa Interna de Retorno dos Estudos De Viabilidade da Terceira Etapa de Concessões Rodoviárias – BR-116/MG e BR-040/Brasília-DF a Juiz de Fora/MG e Quarta Etapa Completa. Atualização dos dados referentes à Nota Técnica nº 56/STN/SEAE/MF, de 21 de outubro de 2008. Brasília, 17 ago. 2012.

D'ANDRADE, Wladimir. Estudos para o ferroanel de SP ficarão prontos em junho, diz ministro. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 3 fev. 2012. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/economia,estudos-para-o-ferroanel-de-sp-ficarao-prontos-em-junho-diz-ministro-,101745,0.htm>>. Acesso em: 15 mai. 2012.

Empresa Brasileira de Engenharia de Infraestrutura – EBEI; ENEFER Consultoria, Projetos; Ernest & Young Terco Assessoria Empresarial; Siqueira Castro Advogados; Trends Engenharia e Infraestrutura; Vetec Engenharia. **Corredor Bioceânico Ferroviário: Estudos técnicos referentes ao Eixo de Capricórnio**. Relatório Consolidado. Rio de Janeiro: Híbrida, 2011.

FARIAS, Leone. Construção do Ferroanel vai demandar R\$ 2,5 bi. **Diário do Grande ABC**, Santo André, 27 ago. 2012. Disponível em: <<http://www.dgabc.com.br/News/5977139/construcao-do-ferroanel-vai-demandar-r-2-5-bi.aspx>>. Acesso em: 24 out. 2012.

GONÇALVES, Paulo Gimenez. **Contribuição ao estudo de conflitos na implantação do Ferroanel na Região Metropolitana de São Paulo**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS (IPR) – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro, 2006.

KERR, A. D. **On the Stress Analysis of Rails and Ties**. Bulletin 659, in: Proceedings of the American Railway Engineering Association, Vol. 78, 1977, pp. 19-43.

KLINCEVICIUS, M. G. Y. **Estudo de propriedades, de tensões e do comportamento mecânico de lastros ferroviários**, 2011. 171 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

LANG, Aline Eloyse. **As Ferrovias no Brasil e a Avaliação Econômica de Projetos: Uma Aplicação Em Projetos Ferroviários**. 2007. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Universidade de Brasília, Brasília.

LOGUM (Logística de Etanol). Sistema Multimodal de Transporte. Disponível em: <<http://www.logum.com.br/php/index.php>>. Acesso em: 18 out. 2012.

NASSIF, Maria Inês. Exportações – O avanço das commodities. **Desafios do Desenvolvimento**, Edição nº 66, Brasília, 26 jul. 2011. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2513:catid=28&Itemid=23>. Acesso em: 26 out. 2012.

Novas Unidades de Conservação do Contínuo Cantareira. **São Paulo: Fundação para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo Florestal**, 2010. 1 mapa. Escala 1:50.000. Disponível em: <<http://www.fflorestal.sp.gov.br/media/uploads/cantareira/mapaGeral2010.jpg>>. Acesso em: 17 mai. 2012.

PEREIRA, Renée. Governos federal e de SP decidem que Ferroanel terá 3 trechos de 200 km. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo. 18 jul. 2012. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/economia,governos-federal-e-de-sp-decidem-que-ferroanel-tera-3-trechos-de-200-km,119696,0.htm>>. Acesso em: 24 out. 2012.

PESQUISA CNT DE FERROVIAS. Confederação Nacional do Transporte (CNT), 2012. Anual. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Paginas/Pesquisas_Detalhes.aspx?p=7>. Acesso em: 15 mai. 2012.

RITTNER, Daniel. Estado de SP e União decidem tirar Ferroanel da gaveta. **Valor Econômico**, Brasília, 6 set. 2011. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/999220/estado-de-sp-e-uniao-decidem-tirar-ferroanel-da-gaveta>>. Acesso em: 15 mai. 2012

RODRIGUES, Eduardo. Ferroanel em SP poderá desafogar CPTM, diz Passos. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 23 ago. 2012. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/economia+geral,ferroanel-em-sp-podera-desafogar-cptm-diz-passos,124175,0.htm>>. Acesso em: 25 out. 2012.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 55.662 de 30 de março de 2010. Cria o Parque Estadual de Itaberaba, o Parque Estadual de Itapetinga, a Floresta Estadual de Guarulhos, o Monumento Natural Estadual da Pedra Grande e dá providências correlatas. **Lex-Coletânea de Legislação e Jurisprudência**. São Paulo, 31 mar. 2010. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/rep=ositorio/legislacao/decreto/2010/decreto%20n.55.662,%20de%2030.03.2010.htm>>. Acesso em: 17 mai. 2012.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 7.663 de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **JusBrasil**. São Paulo, 30 dez. 1991. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/180981/lei-7663-91-sao-paulo-sp>>. Acesso em: 26 out. 2012.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Relatório de Qualidade Ambiental**. São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp/cpla/files/2011/05/RQA_2012.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2012.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria dos Transportes. **Plano Diretor de Desenvolvimento de Transportes**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.transportes.sp.gov.br/programas-projetos_/pddt.asp>. Acesso em: 25 out. 2012.

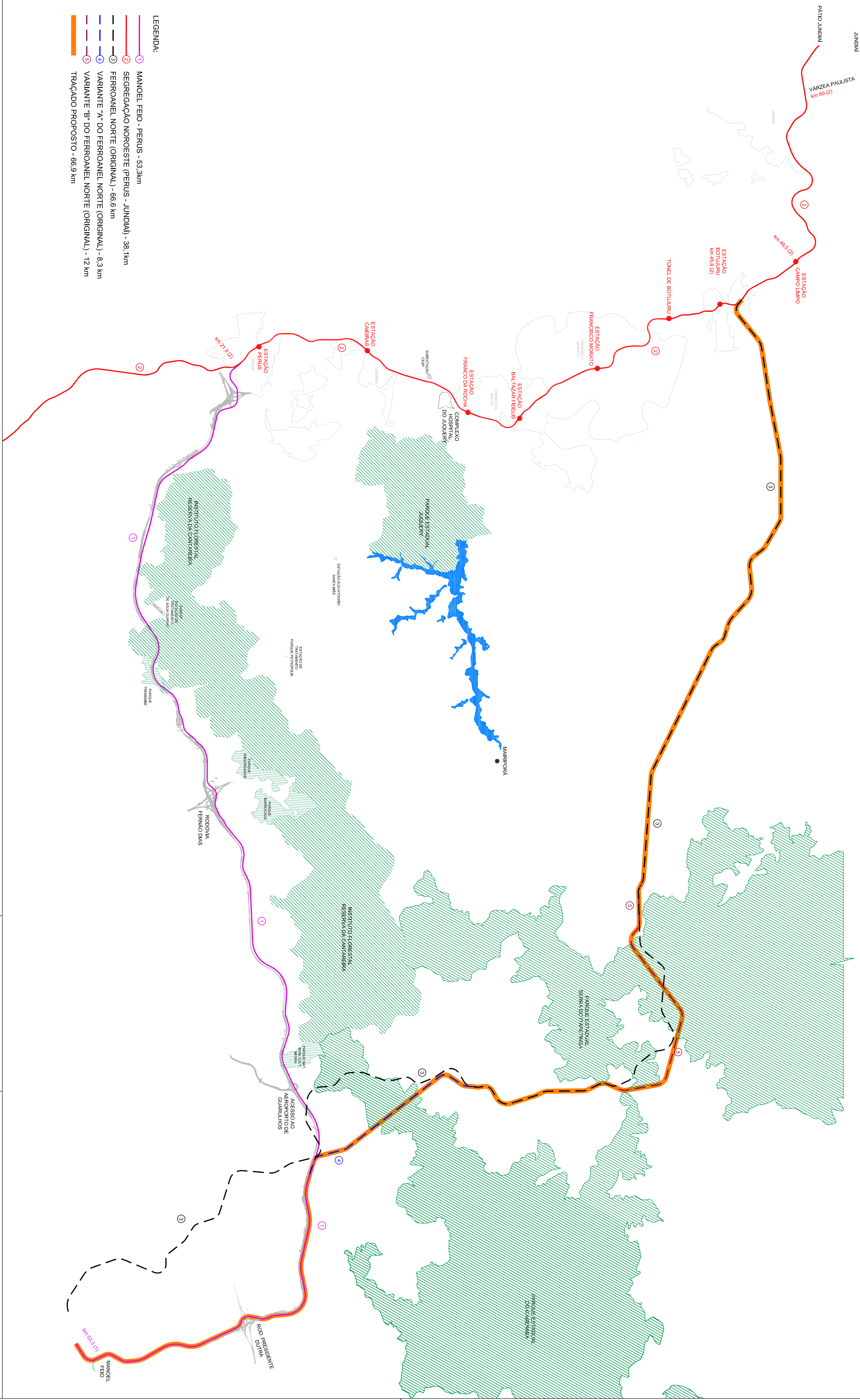
SCHWEDLER, J.W., 1882. **On the Iron Permanent Way**. In: Proc. Institution of Civil Engineers, London, 95±118.

Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Disponível em: <www.cprm.gov.br>. Acesso em: 25 out. 2012.

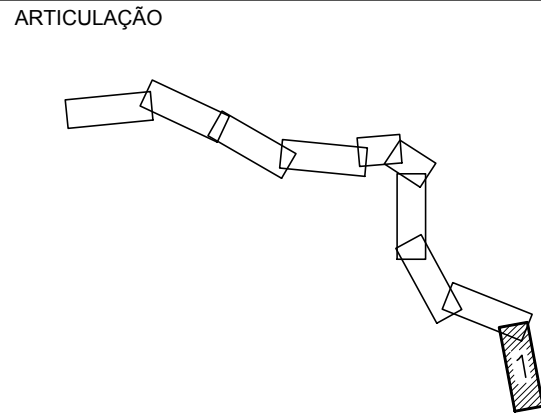
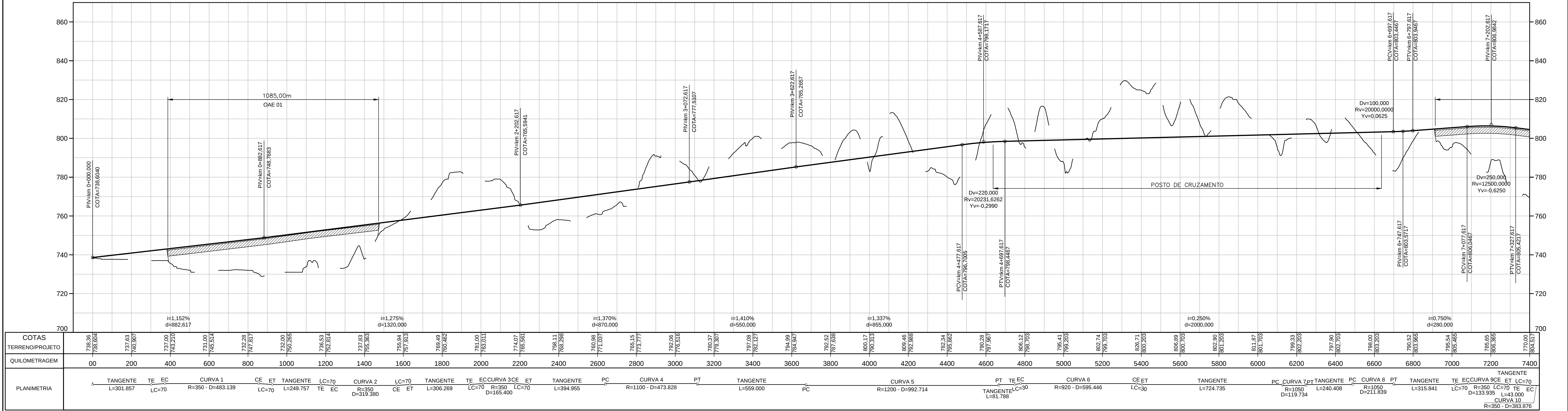
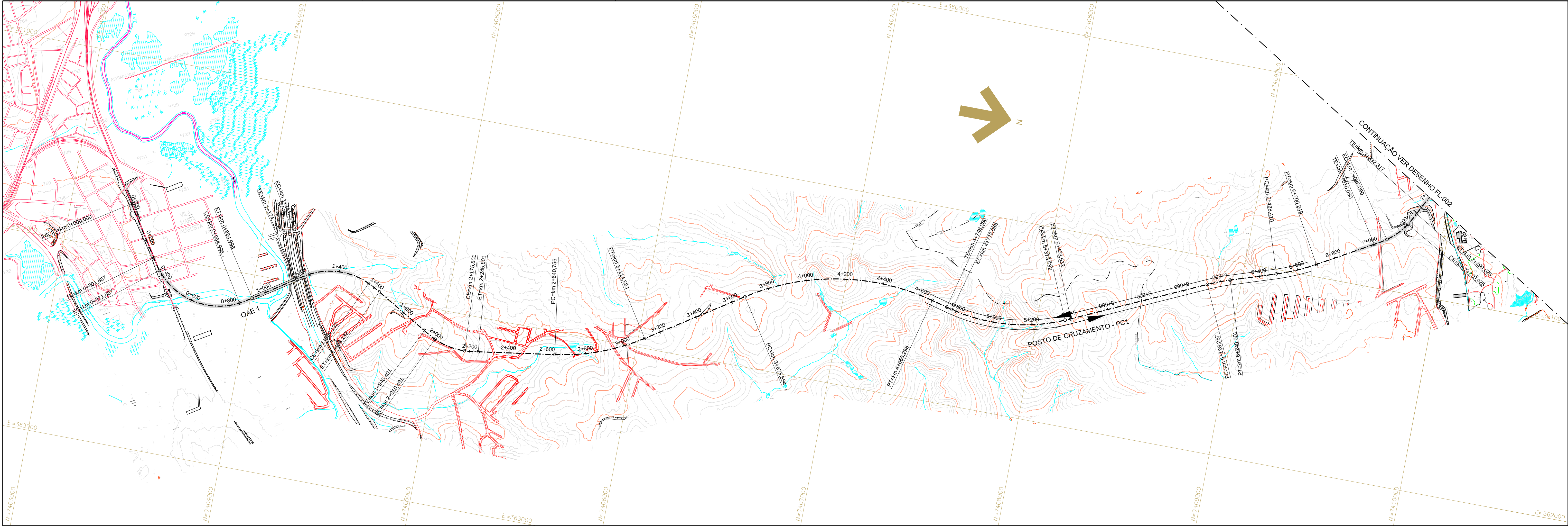
SP e União se reúnem em São Paulo para discutir o Ferroanel. Portal do Governo do Estado de São Paulo, São Paulo, 3 fev. 2012. Disponível em: <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lenoticia.php?id=217620&c=5356&q=SP+e+Uni%E3o+se+re%FAnem+em+S%E3o+Paulo+para+discutir+o+Ferroanel>>. Acesso em: 15 mai. 2012.

WINKLER, E. **Vortrage uber Eisenbahnbau**. Verlag H. Dominicus. Praga, República Tcheca, 1867. (Em alemão).

ANEXOS



GRUPO:	PLANTA GERAL	
ANA LUISA MARTINS TORRES	ALTERNATIVAS DE TRAÇADO	
JOHN PETER HALLAK NEILSON		
PATRICIA MURAO QUINTERO	ESCALA	
PEDRO ISMAEL VAZ PINTO		
SARA MARTINS PION	1/ ESCALA	



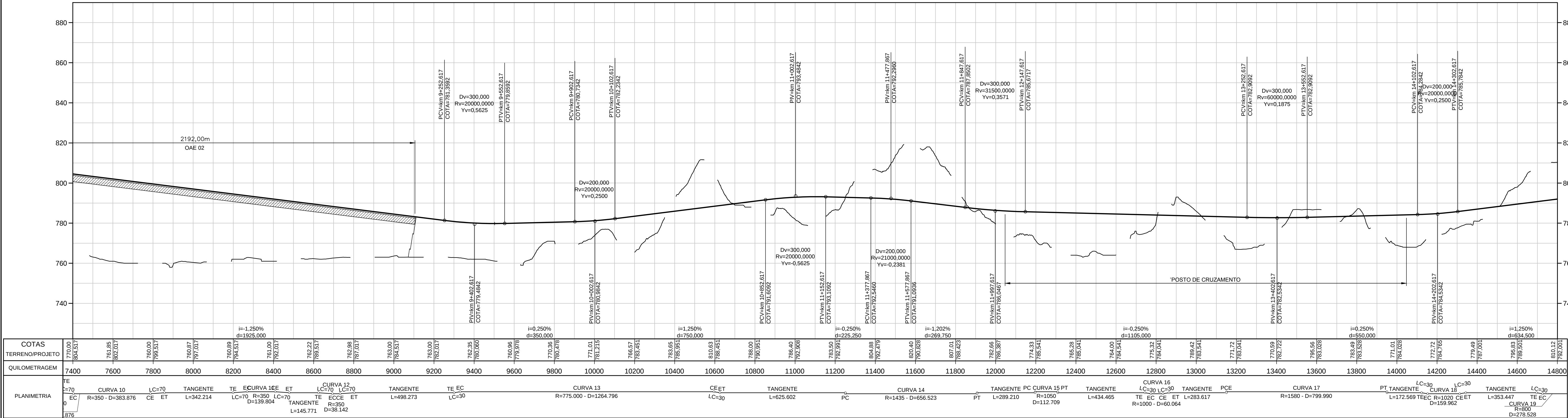
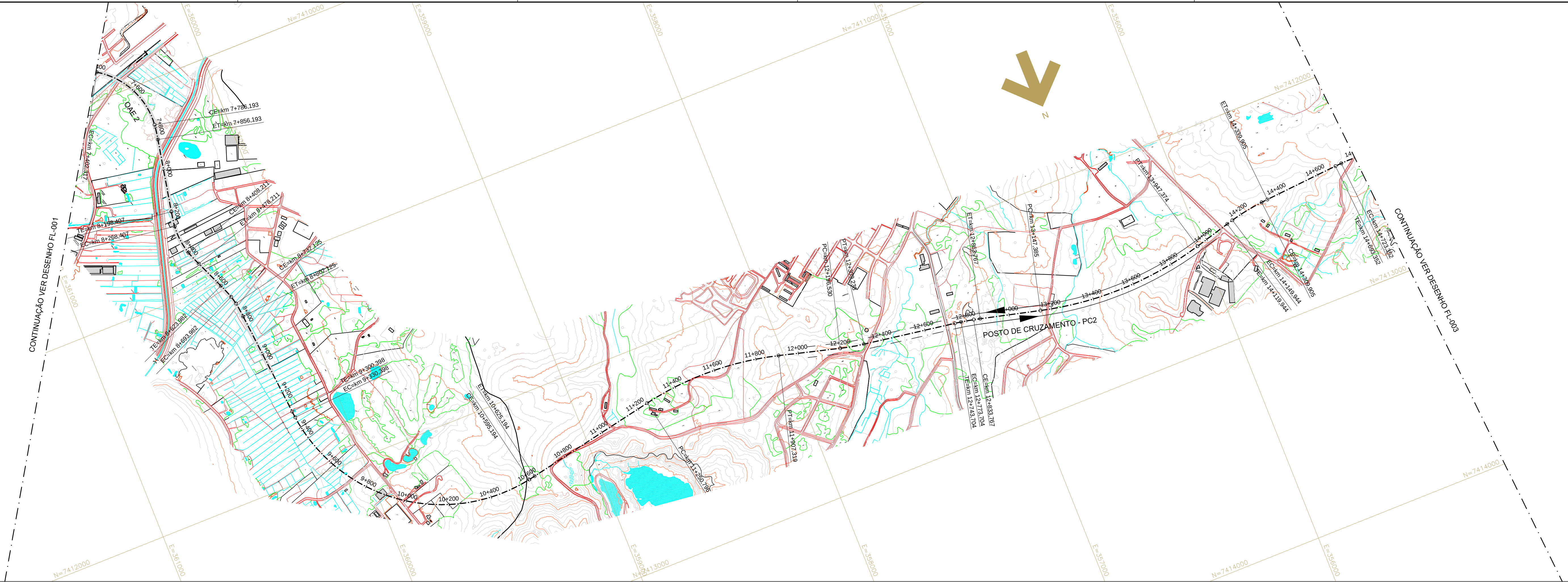
GRUPO:
ANA LUISA MARTINS TORRES
JOHN PETER HALLAK NEILSON
PATRICIA MURAD QUINTERO
PEDRO ISMAEL VAZ PINTO
SARA MARTINS PION

FERROANEL NORTE DE SÃO PAULO

ANÁLISE DE UM TRAÇADO ALTERNATIVO
TRECHO: MANOEL FEIO - CAMPO LIMPO PAULISTA

ESCALA:
1:10000

FOLHA:



ARTICULAÇÃO

GRUPO:

ANA LUISA MARTINS TORRES

JOHN PETER HALLAK NEILSON

PATRICIA MURAD QUINTERO

PEDRO ISMAEL VAZ PINTO

SARA MARTINS PION

ANÁLISE DE UM TRAÇADO ALTERNATIVO

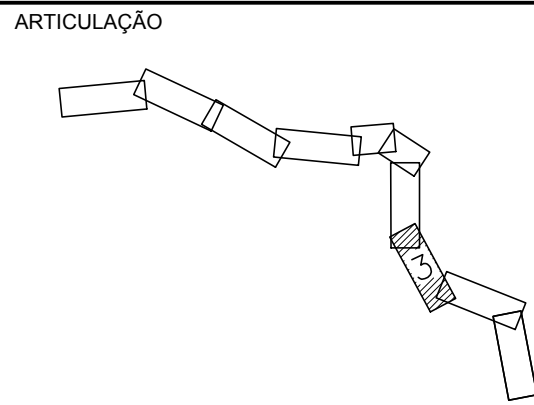
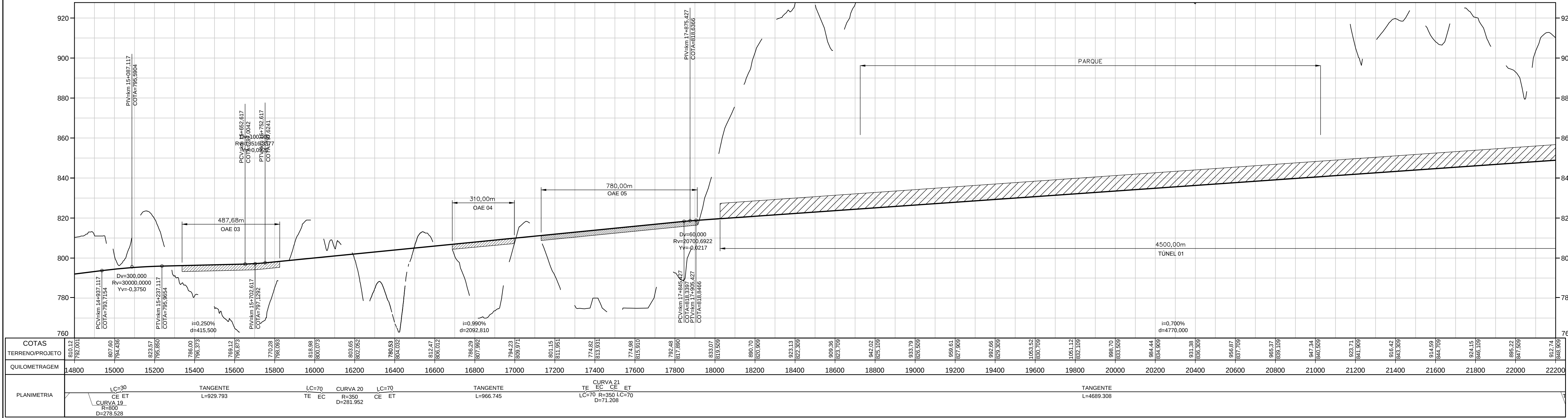
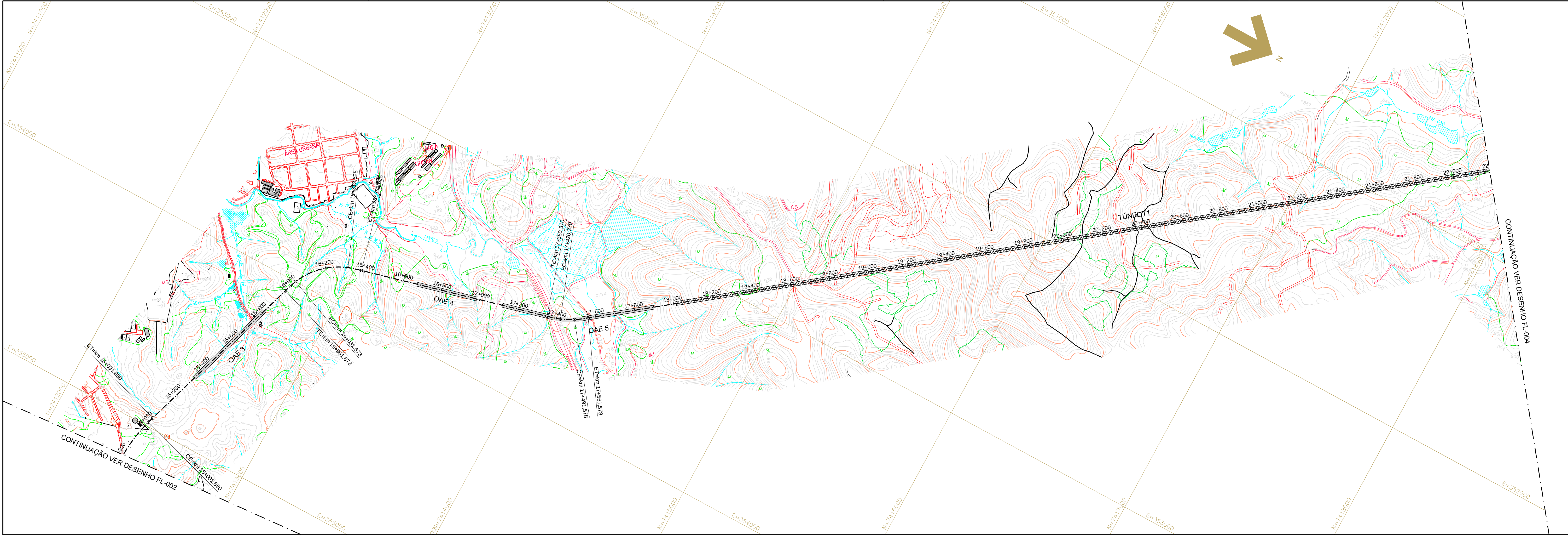
TRECHO: MANOEL FEIO - CAMPO LIMPO PAULISTA

ESCALA:

1:10000

FOLHA:

002



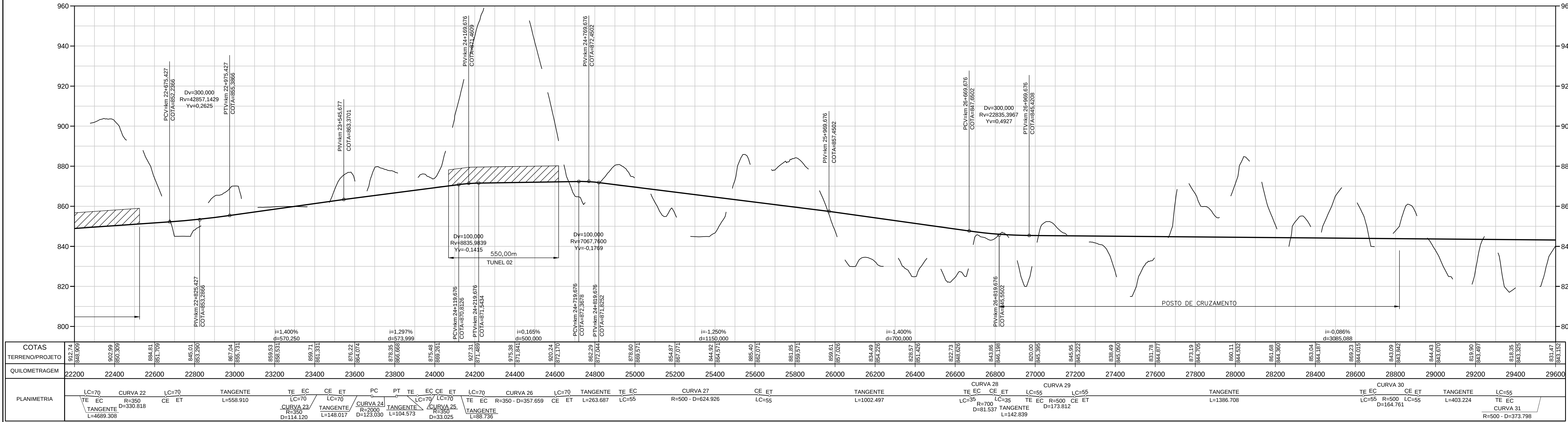
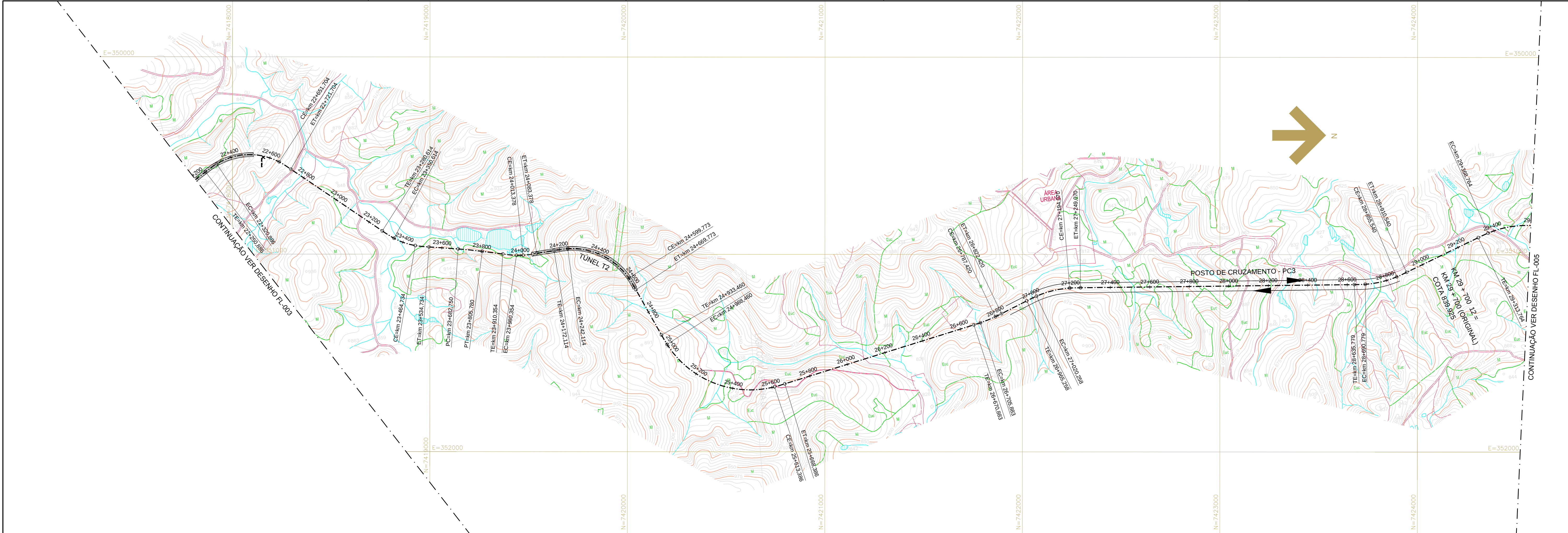
GRUPO:
ANA LUISA MARTINS TORRES
JOHN PETER HALLAK NEILSON
PATRICIA MURAD QUINTERO
PEDRO ISMAEL VAZ PINTO
SARA MARTINS PION

FERROANEL NORTE DE SÃO PAULO

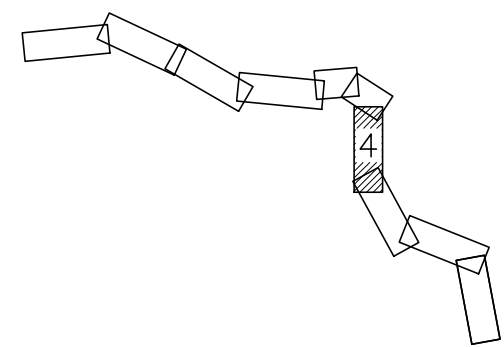
ANÁLISE DE UM TRACADO ALTERNATIVO
TRECHO: MANOEL FEIO - CAMPO LIMPO PAULISTA

ESCALA:
1:10000

FOLHA:
003



ARTICULAÇÃO



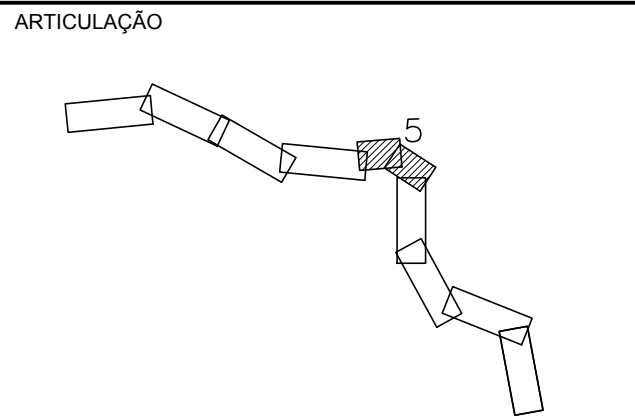
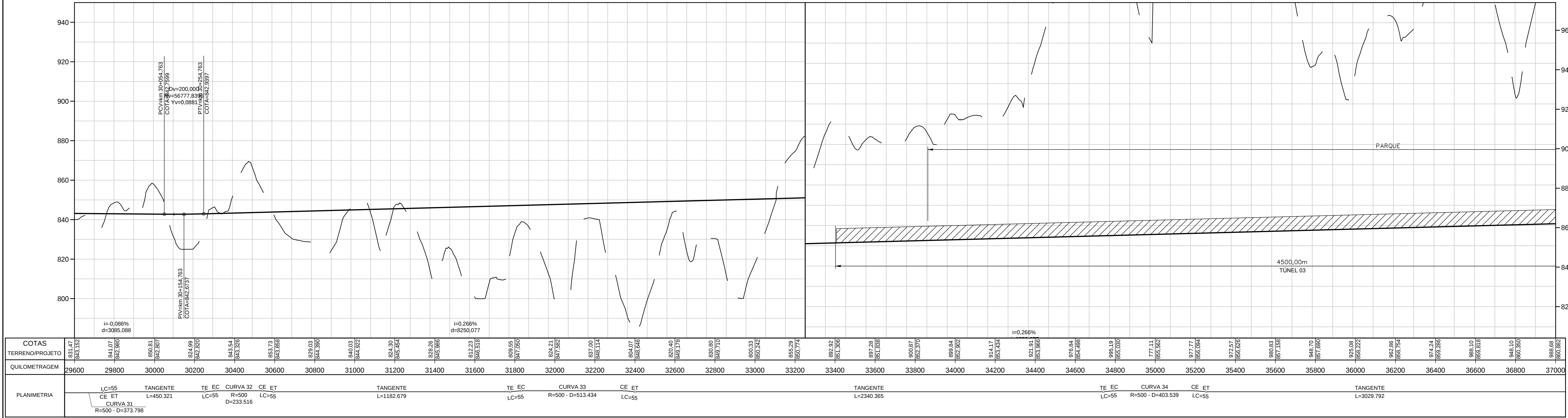
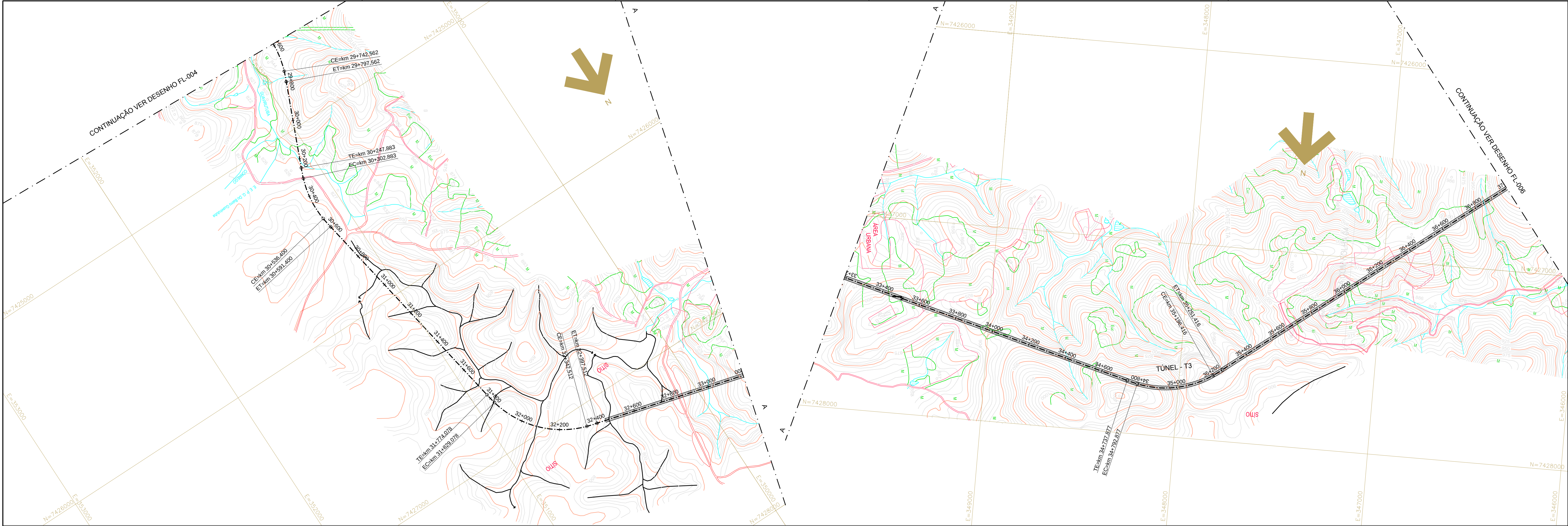
GRUPO:
ANA LUISA MARTINS TORRES
JOHN PETER HALLAK NEILSON
PATRICIA MURAD QUINTERO
PEDRO ISMAEL VAZ PINTO
SARA MARTINS PION

FERROANEL NORTE DE SÃO PAULO

ANÁLISE DE UM TRAÇADO ALTERNATIVO
TRECHO: MANOEL FEIO - CAMPO LIMPO PAULISTA

ESCALA:
1:10000

FOLHA:

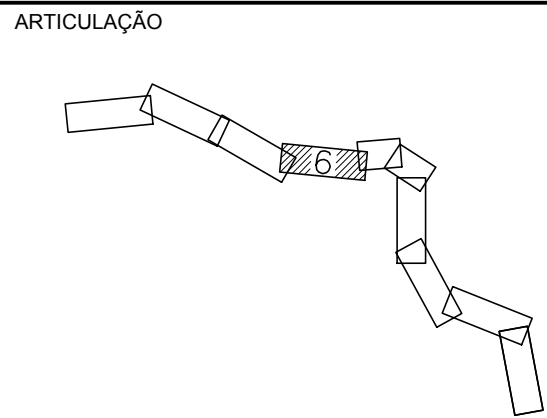
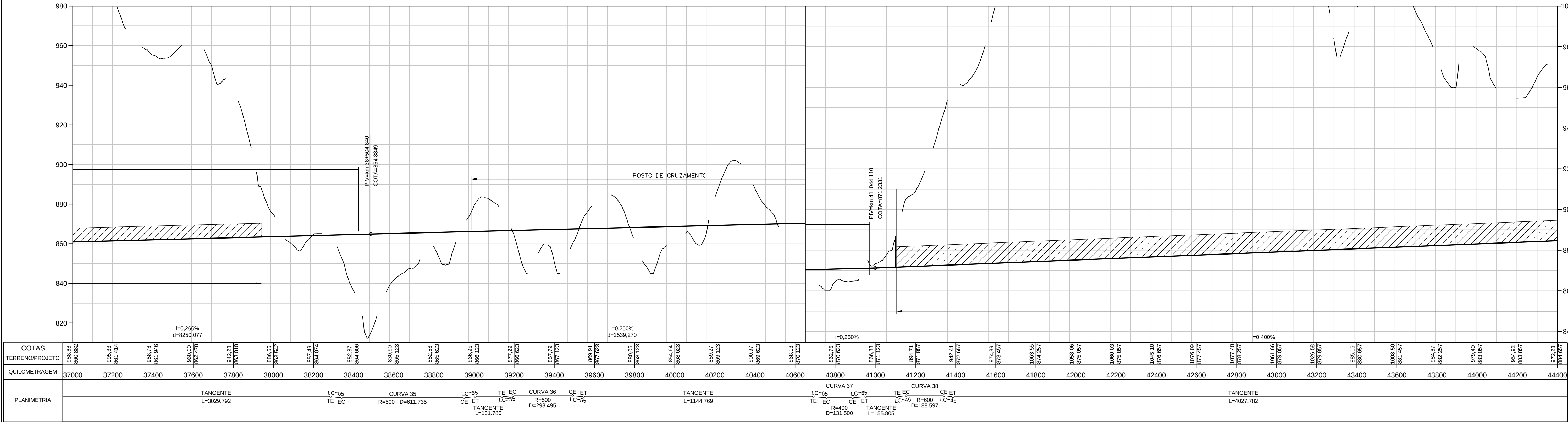
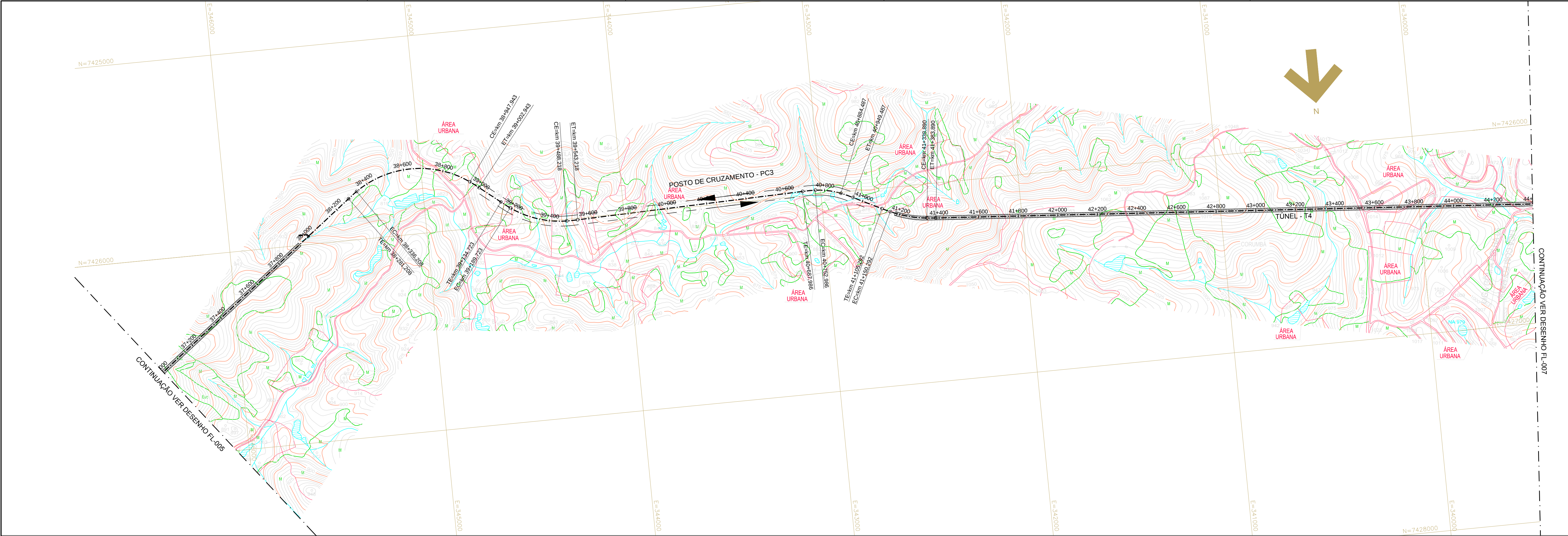


GRUPO:
ANA LUISA MARTINS TORRES
JOHN PETER HALLAK NEILSON
PATRICIA MURAD QUINTERO
PEDRO ISMAEL VAZ PINTO
SARA MARTINS PION

FERROANEL NORTE DE SÃO PAULO

ANÁLISE DE UM TRAÇADO ALTERNATIVO
TRECHO: MANOEL FEIO - CAMPO LIMPO PAULISTA

ESCALA: 1:10000
FOLHA: 005



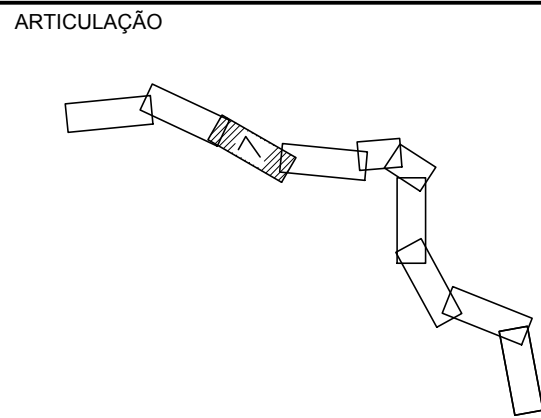
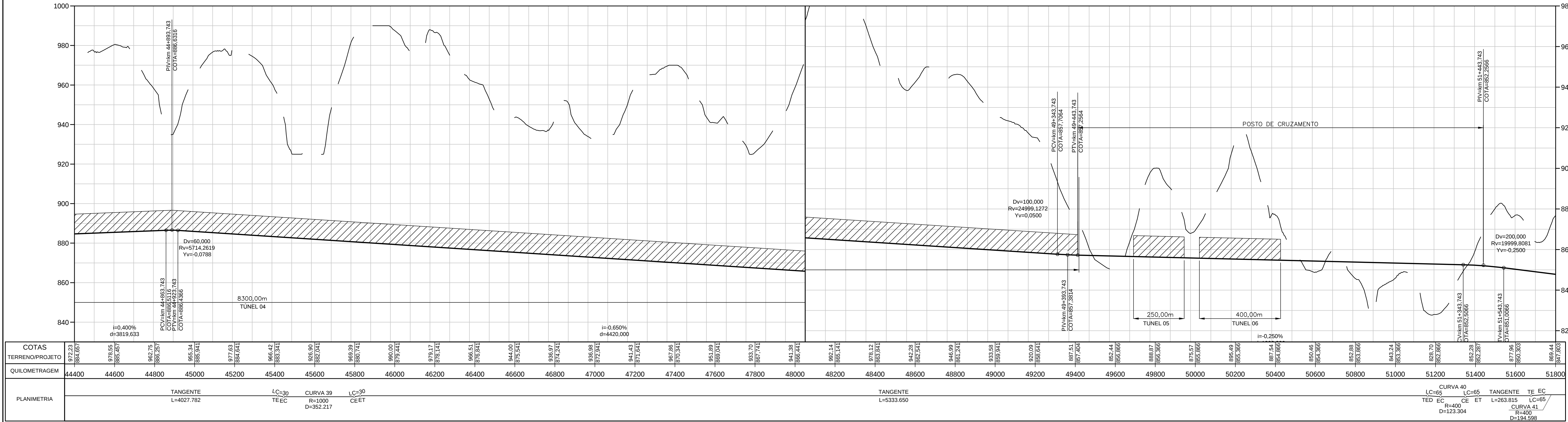
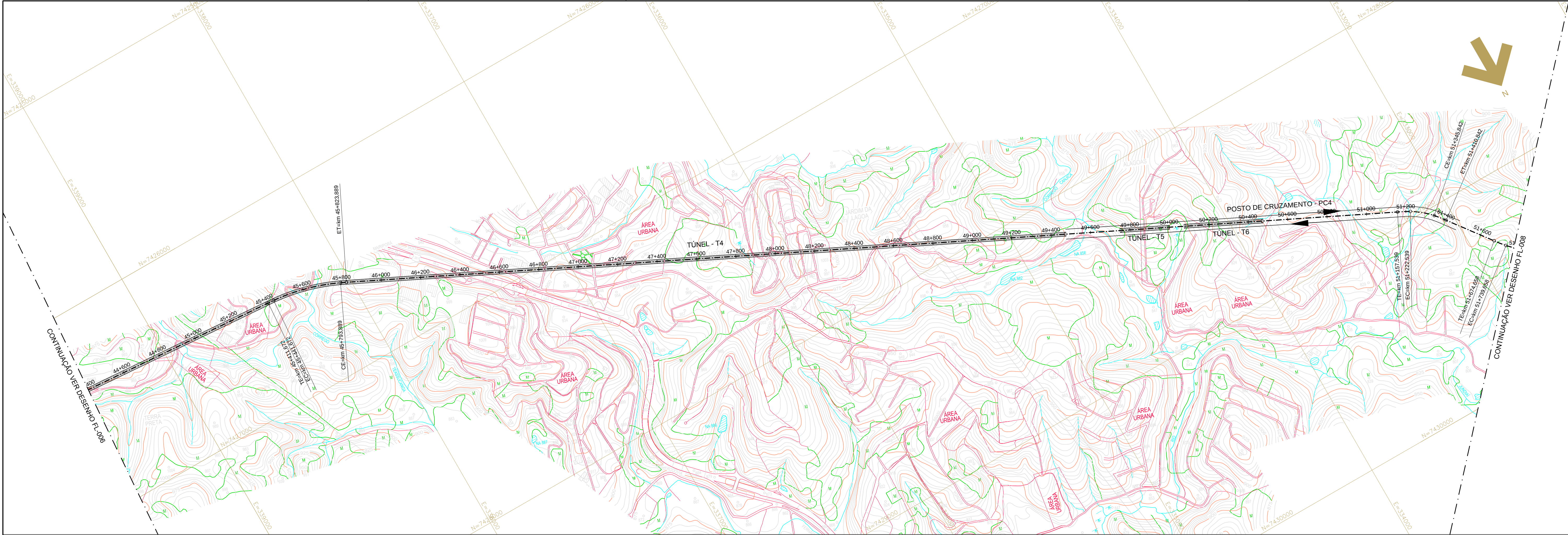
GRUPO:
ANA LUISA MARTINS TORRES
JOHN PETER HALLAK NEILSON
PATRICIA MURAD QUINTERO
PEDRO ISMAEL VAZ PINTO
SARA MARTINS PION

FERROANEL NORTE DE SÃO PAULO

ANÁLISE DE UM TRAÇADO ALTERNATIVO
TRECHO: MANOEL FEIO - CAMPO LIMPO PAULISTA

ESCALA:
1:10000

FOLHA:
006



GRUPO:
ANA LUISA MARTINS TORRES
JOHN PETER HALLAK NEILSON
PATRICIA MURAD QUINTERO
PEDRO ISMAEL VAZ PINTO
SARA MARTINS PION

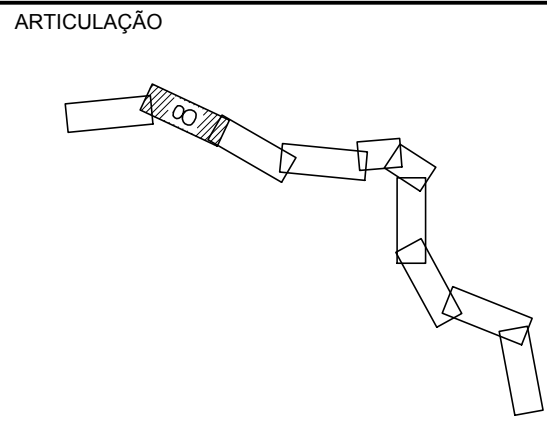
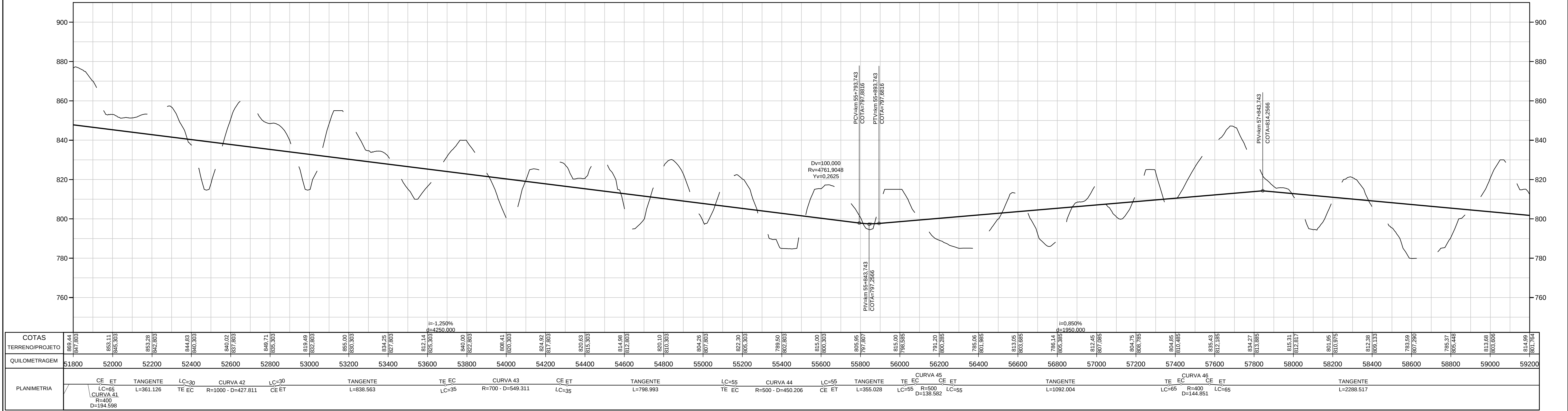
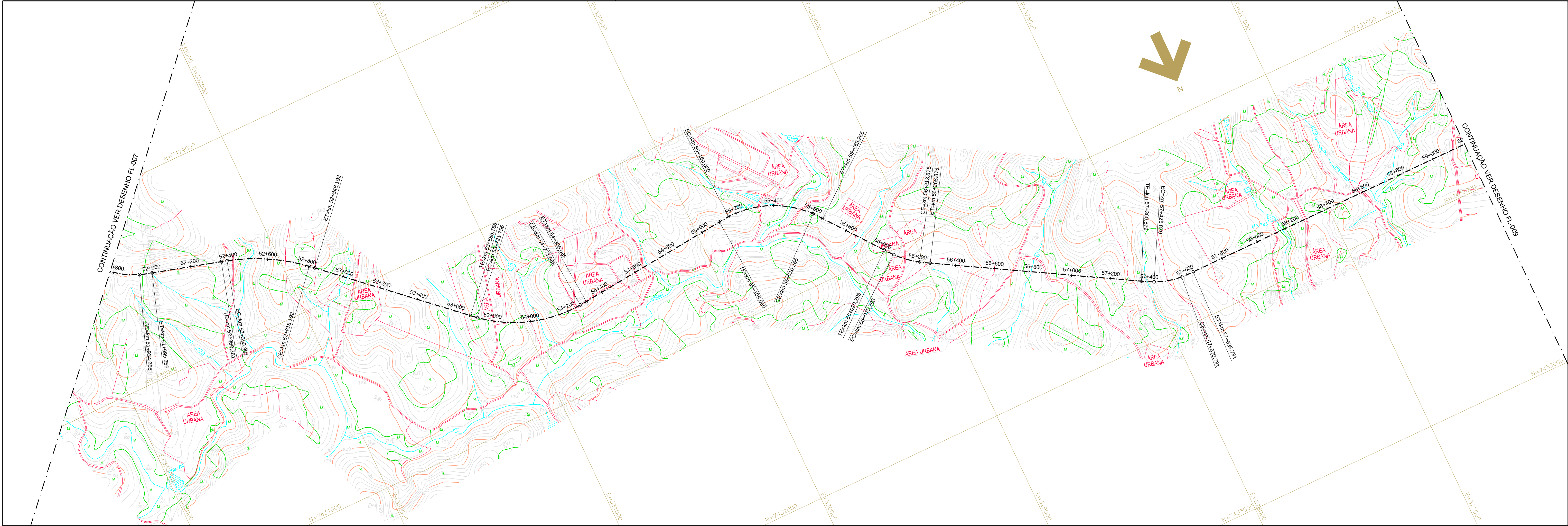
FERROANEL NORTE DE SÃO PAULO

ANÁLISE DE UM TRAÇADO ALTERNATIVO
TRECHO: MANOEL FEIO - CAMPO LIMPO PAULISTA

ESCALA:
1:10000

FOLHA:

007



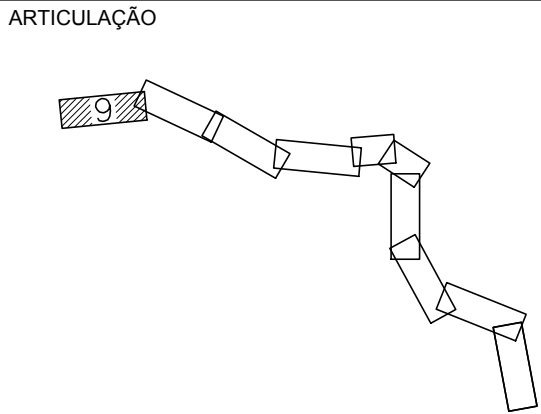
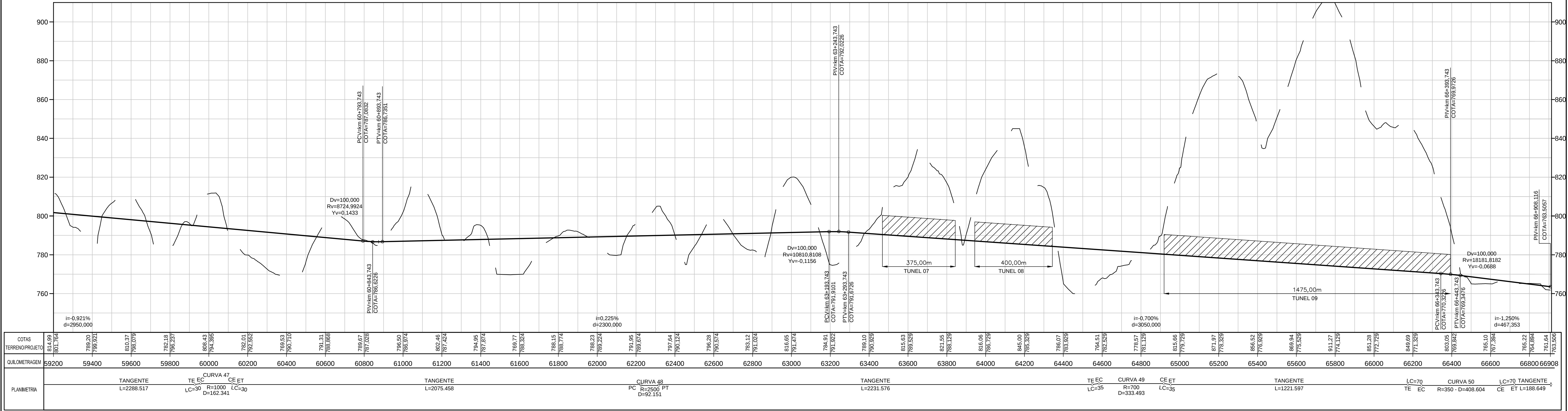
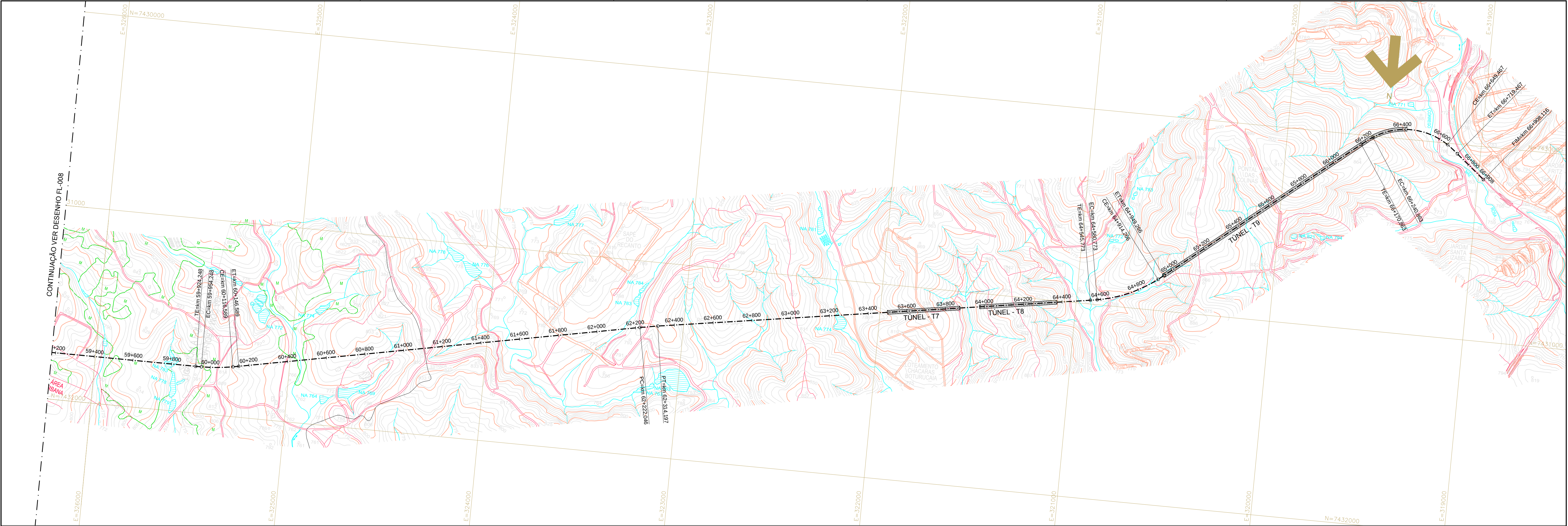
GRUPO:
ANA LUISA MARTINS TORRES
JOHN PETER HALLAK NEILSON
PATRICIA MURAD QUINTERO
PEDRO ISMAEL VAZ PINTO
SARA MARTINS PION

FERROANEL NORTE DE SÃO PAULO

ANÁLISE DE UM TRAÇADO ALTERNATIVO
TRECHO: MANOEL FEIO - CAMPO LIMPO PAULISTA

ESCALA:
1:10000

FOLHA:
008



GRUPO:
ANA LUISA MARTINS TORRES
JOHN PETER HALLAK NEILSON
PATRICIA MURAD QUINTERO
PEDRO ISMAEL VAZ PINTO
SARA MARTINS PION

FERROANEL NORTE DE SÃO PAULO

ANÁLISE DE UM TRAÇADO ALTERNATIVO
TRECHO: MANOEL FEIO - CAMPO LIMPO PAULISTA

ESCALA:
1:10000

FOLHA: